

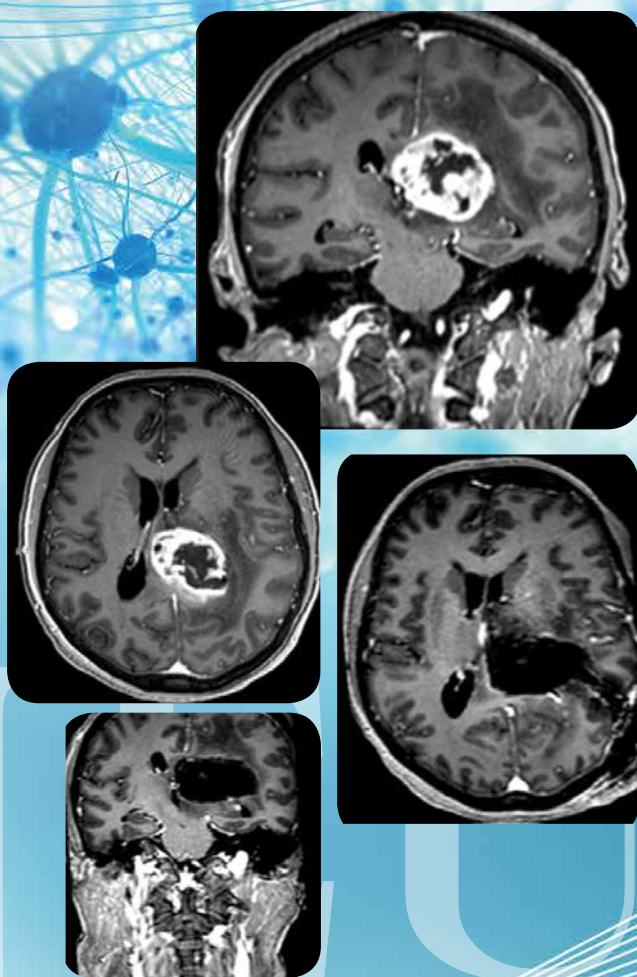


ISSN 2587-7569 (Online)

ISSN 1683-3295 (Print)

# НЕЙРО ХИРУРГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ



Хирургическое лечение неспецифических спондилитов и спондилодисцитов

Эндопортальная технология в хирургии объемных образований головного мозга

Боевые ранения в области срединной линии черепа и головного мозга

Одномоментное комбинированное удаление эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-селлярной соматотропиномы большого размера

RUSSIAN JOURNAL OF NEUROSURGERY

2  
Том 28 / Vol. 28  
2026

## ИЗДАНИЕ АССОЦИАЦИИ НЕЙРОХИРУРГОВ РОССИИ

Журнал «Нейрохирургия» входит в перечень ведущих рецензируемых научных периодических изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал включен в Научную электронную библиотеку и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), имеет импакт-фактор, зарегистрирован в базе данных Scopus, зарегистрирован в Web of Science Core Collection, Emerging Sources Citation Index (ESCI), CrossRef, статьи индексируются с помощью идентификатора цифрового объекта (DOI).



# НЕЙРО ХИРУРГИЯ

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ  
РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

2 **ТОМ 28**  
**2026** **ОСНОВАН В 1998 г.**

Учредитель: В.В. Крылов

Издатель: ИД «МедИНК», 117452, Москва,  
вн.тер.г. муниципальный округ Зюзино,  
б-р Черноморский, д. 17, к. 1, помещ. 4/2/5

Адрес редакции: ИД «МедИНК», 117452, Москва,  
вн. тер. г. муниципальный округ Зюзино,  
б-р Черноморский, д. 17, к. 1, помещ. 4/2/5  
Тел.: +7 (995) 900-40-13, e-mail: info@id-medink.ru

Редактор Е.А. Иванова  
Корректор Е.С. Самойлова  
Дизайн Е.С. Остафьева  
Верстка Е.С. Остафьева  
Служба подписки и распространения  
+7 (995) 900-40-13, info@id-medink.ru

Руководитель проекта  
Н.А. Ковалева +7 (995) 900-40-13, n.kovaleva@id-medink.ru

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе  
по надзору в сфере связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций, ПИ № 77-7205  
от 31 января 2001 г.

При полной или частичной перепечатке материалов  
ссылка на журнал «Нейрохирургия» обязательна.  
Редакция не несет ответственности за содержание  
публикуемых рекламных материалов.  
В статьях представлена точка зрения авторов, которая  
может не совпадать с мнением редакции.

ISSN 2587-7569 (Online)  
ISSN 1683-3295 (Print)

Нейрохирургия. 2026. Том 28. № 2. 1–140.  
Подписной индекс в каталоге «Пресса России» – 39895.  
Отпечатано в типографии ООО «Медиаколор» 127273,  
Москва, Сигнальный пр-д, 19.  
Тираж 2000 экз. Бесплатно.  
<http://www.therjn.com/jour/index>

*Цель издания – информировать специалистов о достижениях в области нейрохирургии, способствовать повышению эффективности лечения пациентов с заболеваниями головного и спинного мозга.*

*Основные задачи журнала – освещение на страницах журнала новых методов нейрохирургии, неврологии, лучевой и функциональной диагностики, повышение уровня профессиональной компетентности врачей-нейрохирургов, предоставление авторам возможности опубликовать результаты собственных исследований. Помимо этого в задачи журнала входит анонсирование российских и международных научно-практических конференций по нейрохирургии, нейрореаниматологии, мастер-классов и других образовательных мероприятий, а также новых руководств и монографий.*

*В журнале публикуются результаты экспериментальных и клинических исследований, обзоры литературы, клинические рекомендации, описания редких клинических случаев, анонсы грядущих конференций и образовательных циклов, а также исторические очерки о нейрохирургии и выдающихся представителях специальности.*

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Крылов Владимир Викторович, академик РАН, д.м.н., профессор,  
заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Гринь Андрей Анатольевич, чл.-корр. РАН, д.м.н., заслуженный врач РФ  
(Москва, Россия)

Евзиков Григорий Юльевич, д.м.н. (Москва, Россия)

## ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Кордонский Антон Юрьевич, к.м.н. (Москва, Россия)

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Белкин Андрей Августович, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

Генов Павел Геннальевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Гизатуллин Шамиль Хамбалович, д.м.н., заслуженный врач РФ  
(Москва, Россия)

Григорьев Андрей Юрьевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Григорьева Елена Владимировна, д.м.н. (Москва, Россия)

Голанов Андрей Владимирович, чл.-корр. РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Гуща Артем Олегович, профессор РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Дашьян Владимир Григорьевич, д.м.н. (Москва, Россия)

Дмитриев Александр Юрьевич, к.м.н. (Москва, Россия)

Захарова Наталья Евгеньевна, профессор РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Зуев Андрей Александрович, д.м.н. (Москва, Россия)

Коновалов Николай Александрович, академик РАН, д.м.н.  
(Москва, Россия)

Кравец Леонид Яковлевич, д.м.н., профессор (Нижний Новгород, Россия)

Лихтерман Леонид Болеславович, д.м.н., профессор, заслуженный  
деятель науки РФ (Москва, Россия)

Лукьянчиков Виктор Александрович, д.м.н. (Москва, Россия)

Млявых Сергей Геннадьевич, д.м.н. (Красногорск, Россия)

Петриков Сергей Сергеевич, академик РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Полунина Наталья Алексеевна, д.м.н. (Москва, Россия)

Природов Александр Владиславович, д.м.н., заслуженный врач РФ  
(Москва, Россия)

Сенько Илья Владимирович, д.м.н. (Москва, Россия)

Серова Наталья Сергеевна, академик РАН, д.м.н., профессор  
(Москва, Россия)

Синкин Михаил Владимирович, д.м.н. (Москва, Россия)

Супонева Наталья Александровна, чл.-корр. РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Талыпов Александр Эрнестович, д.м.н. (Москва, Россия)

Усачев Дмитрий Юрьевич, академик РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

Хамидова Лайла Тимарбековна, д.м.н. (Москва, Россия)

Шетова Ирма Мухамедовна, д.м.н. (Москва, Россия)

Злиава Шалва Шалвович, чл.-корр. РАН, д.м.н. (Москва, Россия)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Гуляев Дмитрий Александрович, д.м.н. (Санкт-Петербург, Россия)

Древаль Олег Николаевич, д.м.н., профессор (Москва, Россия)

Иванова Наталья Евгеньевна, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург,  
Россия)

Кондаков Евгений Николаевич, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург,  
Россия)

Коновалов Александр Николаевич, академик РАН, д.м.н., профессор,  
заслуженный деятель науки РФ (Москва, Россия)

Кривошапкин Алексей Леонидович, чл.-корр. РАН, д.м.н., профессор  
(Новосибирск, Россия)

Лазарев Валерий Александрович, д.м.н. (Москва, Россия)

Мануковский Вадим Анатольевич, д.м.н., заслуженный врач РФ  
(Санкт-Петербург, Россия)

Музлаев Герасим Григорьевич, д.м.н., профессор (Краснодар, Россия)

Парфенов Валерий Евгеньевич, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ  
(Санкт-Петербург, Россия)

Рзаев Джамиль Афетович, д.м.н., профессор (Новосибирск, Россия)

Савелло Александр Викторович, д.м.н., профессор (Санкт-Петербург,  
Россия)

Сафин Шамиль Махмудович, д.м.н., профессор (Уфа, Россия)

Свистов Дмитрий Владимирович, к.м.н., заслуженный врач РФ  
(Санкт-Петербург, Россия)

Тиссен Теодор Петрович, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ  
(Москва, Россия)

Черebilло Владислав Юрьевич, д.м.н., профессор, заслуженный врач РФ  
(Санкт-Петербург, Россия)

Шулёв Юрий Алексеевич, д.м.н., заслуженный врач РФ  
(Санкт-Петербург, Россия)

Akshulakov, Serik Kuandikovich, д.м.н., профессор, академик НАН  
Республики Казахстан (Астана, Республика Казахстан)

Hu, Shaoshan, профессор (КНР)

Rasulic, Lukas, профессор (Сербия)

Servadei, Franco, профессор (Италия)

Slavin, Konstantin, доктор медицины, профессор (США)

Spallone, Aldo, доктор медицины, профессор (Италия)

Tu, Yong-Kwang, профессор (Тайвань)

Zelman, Vladimir, профессор (США)

THE JOURNAL OF THE RUSSIAN ASSOCIATION OF NEUROLOGICAL SURGEONS

"Russian Journal of Neurosurgery" is put on the Higher Attestation Commission (HAC) list of leading peer-reviewed scientific periodicals recommended to publish the basic research results of candidate's and doctor's theses.

The journal is included in the Scientific Electronic Library and the Russian Science Citation Index (RSCI) and has an impact factor; it is registered in the Scopus database, it is registered in the Web of Science Core Collection, Emerging Sources Citation Index (ESCI), CrossRef, its papers are indexed with the digital object identifier (DOI).



QUARTERLY PEER-REVIEWED  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
JOURNAL

# Russian Journal of NEURO SURGERY

**2** VOL. 28  
2026 FOUNDED IN 1998

Founder: V.V. Krylov

Publisher: PH "MedINK", rooms 4/2/5,  
17-1 Chernomorskiy Blvd., intracity territory of a federal  
city municipal district Zuzino, Moscow 117452, Russia  
Editorial Office: PH "MedINK", rooms 4/2/5,  
17-1 Chernomorskiy Blvd., intracity territory of a federal  
city municipal district Zuzino, Moscow 117452, Russia.  
Tel./Fax: +7 (995) 9004013, e-mail: info@id-medink.ru

Editor E.A. Ivanova  
Proofreader E.S. Samoylova  
Designer E.S. Ostafieva  
Maker-up E.S. Ostafieva  
Subscription & Distribution Service  
+7 (995) 900-40-13, info@id-medink.ru

Project Manager N.A. Kovaleva  
+7 (995) 900-40-13, n.kovaleva@id-medink.ru

The journal was registered at the Federal Service  
for Surveillance of Communications, Information  
Technologies, and Mass Media (ПМ No. 77-7205  
dated 31 January 2001)

If materials are reprinted in whole or in part, reference  
must necessarily be made to the "Neyrokhirurgiya".

The editorial board is not responsible  
for advertising content.

The authors' point of view given in the articles  
may not coincide with the opinion of the editorial board.

ISSN 2587-7569 (Online)  
ISSN 1683-3295 (Print)

Neyrokhirurgiya. 2026. Vol. 28. No. 2. 1-140.  
Pressa Rossii catalogue index: 39895.  
Printed at the Mediacolor LLC.  
19, Signalnyy Proezd, Moscow, 127273.  
2,000 copies. Free distribution.

<http://www.therjn.com/jour/index>

*The aims of the journal are to inform specialists  
on developments in neurosurgery  
and to promote higher treatment effectiveness  
in patients with disorders of the spinal cord  
and the brain.*

*The main objectives of the journal are coverage  
of new techniques in neurosurgery, neurology,  
radiation and functional diagnostics; advancement  
of the level of professionalism  
of neurosurgeons; provision of a publication  
for the authors to present their results.  
Additionally, the journal announces Russian  
and international scientific and practical  
conferences on neurosurgery, neurocritical care,  
master classes and other educational events,  
as well as new guidelines and monographs.*

*The journal publishes results of experimental  
and clinical studies, literature reviews, clinical  
guidelines, clinical cases, announcements  
of future conferences and educational cycles,  
as well as historical essays on neurosurgery  
and prominent representatives of the profession.*

## EDITOR-IN-CHIEF

**Krylov, Vladimir V.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

## DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

**Grin, Andrey A.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Evezikov, Grigoriy Yu.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*

## EXECUTIVE SECRETARY

**Kordonskiy, Anton Yu.**, *MD, PhD (Moscow, Russia)*

## EDITORIAL BOARD

**Belkin, Andrey A.**, *MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*  
**Genov, Pavel G.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Gizatullin, Shamil Kh.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Grigoryev, Andrey Yu.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Grigorieva, Elena V.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Golanov, Andrey V.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Gushcha, Artem O.**, *Professor of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Dashyan, Vladimir G.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Dmitriev, Aleksandr Yu.**, *MD, PhD (Moscow, Russia)*  
**Zakharova, Natalia E.**, *Professor of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Zuev, Andrey A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Konovalev, Nikolay A.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Kravets, Leonid Ya.**, *MD, DMSc, Professor (Nizhny Novgorod, Russia)*  
**Likhтерman, Leonid B.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Lukyanchikov, Viktor A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Mlyavykh, Sergey G.**, *MD, DMSc (Krasnogorsk, Russia)*  
**Petrikov, Sergey S.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Polunina, Natalya A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Prirodov Aleksandr V.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Senko, Ilya V.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Serova, Natalia S.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*  
**Sinkin, Mikhail V.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Suponeva, Natalia A.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Talypov, Aleksandr E.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Usachev, Dmitry Yu.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Khamidova, Laila T.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Shetova, Irma M.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Eliava, Shalva Sh.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc (Moscow, Russia)*

## EDITORIAL COUNCIL

**Gulyaev, Dmitry A.**, *MD, DMSc (Saint Petersburg, Russia)*  
**Dreval, Oleg N.**, *MD, DMSc, Professor (Moscow, Russia)*  
**Ivanova, Natalya E.**, *MD, DMSc (Saint Petersburg, Russia)*  
**Kondakov, Evgeny N.**, *MD, DMSc, Professor (Saint Petersburg, Russia)*  
**Konovalev, Aleksandr N.**, *Academician of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Krivoshapkin, Alexey L.**, *Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, DMSc, Professor (Novosibirsk, Russia)*  
**Lazarev, Valery A.**, *MD, DMSc (Moscow, Russia)*  
**Manukovskiy, Vadim A.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*  
**Muzlaev, Gerasim G.**, *MD, DMSc, Professor (Krasnodar, Russia)*  
**Parfenov, Valeriy E.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*  
**Rzaev, Dzhamil A.**, *MD, DMSc, Professor (Novosibirsk, Russia)*  
**Savello, Aleksandr V.**, *MD, DMSc, Professor (Saint Petersburg, Russia)*  
**Safin, Shamil M.**, *MD, DMSc, Professor (Ufa, Russia)*  
**Svistov, Dmitry V.**, *MD, PhD, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*  
**Cherebillo, Vladislav Yu.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*  
**Tissen, Teodor P.**, *MD, DMSc, Professor, Honored Doctor of the Russian Federation (Moscow, Russia)*  
**Shulev, Yury A.**, *MD, DMSc, Honored Doctor of the Russian Federation (Saint Petersburg, Russia)*  
**Akshulakov, Serik K.**, *MD, DMSc, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan (Astana, Republic of Kazakhstan)*  
**Hu, Shaoshan**, *MD, PhD, Professor (China)*  
**Rasulic, Lukas**, *MD, PhD, Professor (Serbia)*  
**Servadei, Franco**, *MD, PhD, Professor (Italy)*  
**Slavin, Konstantin**, *MD, DMSc, Professor (USA)*  
**Spallone, Aldo**, *MD, DMSc, Professor (Italy)*  
**Tu, Yong-Kwang**, *MD, PhD, Professor (Taiwan)*  
**Zelman, Vladimir**, *MD, PhD, Professor (USA)*

# Содержание

## Оригинальная работа

- Е. В. Чечухин, А. А. Гринь, А. Э. Тальцов, А. Ю. Кордонский, В. В. Белопасов*  
**Хирургическое лечение пострадавших с сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмой . . . . . 14**
- А. В. Сытник, А. А. Гринь, Г. Ю. Евзиков, В. Н. Оболенский, А. Ю. Кордонский, С. А. Рожанский, А. С. Силуянова*  
**Результаты хирургического лечения неспецифических спондилитов и спондилодисцитов . . . . . 26**
- С. В. Веранян, А. В. Калиновский, Д. А. Рзаев, Е. В. Гормольцова, О. М. Андрушкевич, А. А. Абдилатилов, Е. В. Галушко*  
**Применение эндопортальной технологии в хирургии объемных образований головного мозга . . . . . 39**
- О. И. Шарипов, Н. И. Михайлов, М. А. Кутин, Д. В. Фомичев, А. Н. Шкарубо, Д. Н. Андреев, И. В. Чернов, А. А. Абдилатилов, Л. И. Астафьева, И. А. Воронина, Ю. В. Струнина, П. Л. Калинин*  
**Менингиты в трансфеноидальной хирургии аденом гипофиза . . . . . 49**
- С. А. Ландик, Р. И. Исаев, Д. В. Свистов, В. Е. Чернов, А. В. Федоренков, С. И. Карпенко*  
**Боевые ранения в области срединной линии черепа и головного мозга . . . . . 57**
- С. А. Маряшев, А. А. Веселков, Е. А. Трубников, М. В. Рыжова, А. В. Гаврюшин, Д. Х. Багратунян, Г. Л. Кобяков, А. А. Поддубский, И. Н. Пронин*  
**Современные аспекты стереотаксической биопсии опухолей центральной нервной системы: проблема неинформативных результатов . . . . . 67**

## Наблюдение из практики

- Р. Л. Камбиев, В. Н. Рашидов, А. К. Медведская*  
**Хирургическое лечение абсцесса левой лобной и височной долей у пациента с геморрагическим инсультом. . . . . 77**
- О. Ю. Богданова, В. А. Григорьев, В. В. Крылов, А. Ю. Григорьев, А. А. Гринь*  
**Одномоментное комбинированное удаление эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-сельлярной соматотропиномы большого размера . . . . . 82**

## Обзор литературы

- N. D. J. L. Villamil, W. A. Flórez-Perdomo, M. Acosta, M. I. Camargo, D. P. A. Pérez, A. Agrawal, L. R. Moscote-Salazar*  
**Timing of surgery as outcome predictor in brachial plexus injury: a systematic review and meta-analysis . . . . . 88**
- В. В. Бобинов*  
**Двустольный экстра-интракраниальный микроанастомоз при хронической окклюзии внутренней сонной артерии — ренессанс церебральной реваскуляризации? Обзор литературы. . . . . 98**
- О. Г. Симонян, А. В. Природов, Е. Ю. Бахарев, А. А. Гринь*  
**Профилактика развития дизрезорбтивной шунтзависимой гидроцефалии у пациентов после разрыва артериальных аневризм сосудов головного мозга . . . . . 104**

*С.В. Пятницкая, Ш.М. Сафин, Р.А. Заманова, А.И. Файрушина, Д.З. Махьянов, Н.И. Абдуллина,  
Г.Р. Киреева, И.Ф. Фасхутдинов, В.А. Смирнов, В.В. Крылов, В.Н. Павлов*

**Материалы на основе шелка паутины для регенеративной медицины. . . . . 113**

**Лекция**

*А.Ю. Улитин, В.В. Раменский, Н.Е. Воинов, Г.А. Улитин*

**Э.Д. Сквайр, П.П. Брока и В.А. Хорсли как основоположники палеоантропологии  
и палеопатологии . . . . . 122**

## Contents

### Original report

- E.V. Chechukhin, A.A. Grin, A.E. Talypov, A.Yu. Kordonskiy, V.V. Belopasov*  
**Surgical management of patients with combined traumatic brain and spinal cord injury . . . . . 14**
- A.V. Sytnik, A.A. Grin, G.Yu. Evzikov, V.N. Obolenskiy, A.Yu. Kordonskiy, S.A. Rozhanskiy, A.S. Siluyanova*  
**Surgical treatment results in patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis . . . . . 26**
- S.V. Veranyan, A.V. Kalinovskiy, D.A. Rzayev, E.V. Gormolysova, O.M. Andrushkevich, A.A. Abdilatipov, E.V. Galushko*  
**Usage of endoportal technology in surgery of cerebral mass lesions . . . . . 39**
- O.I. Sharipov, N.I. Mikhailov, M.A. Kutin, D.V. Fomichev, A.N. Shkarubo, D.N. Andreev, I.V. Chernov, A.A. Abdilatipov, L.I. Astafieva, I.A. Voronina, Yu.V. Strunina, P.L. Kalinin*  
**Meningitis after transsphenoidal pituitary adenoma surgery . . . . . 49**
- S.A. Landik, R.I. Isaev, D.V. Svistov, V.E. Chernov, A.V. Fedorenkov, S.I. Karpenko*  
**Combat injuries in the midline area of the skull and brain . . . . . 57**
- S.A. Maryashev, A.A. Veselkov, E.A. Trubnikov, M.V. Ryzhova, A.V. Gavryushin, D.Kh. Bagratunyan, G.L. Kobayakov, A.A. Poddubskiy, I.N. Pronin*  
**Contemporary approaches to stereotactic biopsy of central nervous system tumors: challenges of non-diagnostic results. . . . . 67**

### Case from practice

- R.L. Kambiev, V.N. Rashidov, A.K. Medvedskaya*  
**Surgical treatment of left frontal and temporal lobes brain abscess in patient with hemorrhagic stroke . . . . . 77**
- O.Yu. Bogdanova, V.A. Grigoryev, V.V. Krylov, A.Yu. Grigoryev, A.A. Grin*  
**One-stage combined removal of a large endo-, supra-, infra-, retro-, ante-, and latero(S)sellar somatotroph adenoma . . . . . 82**

### Literature review

- N.D.J.L. Villamil, W.A. Flórez-Perdomo, M. Acosta, M.I. Camargo, D.P.A. Pérez, A. Agrawal, L.R. Moscote-Salazar*  
**Timing of surgery as outcome predictor in brachial plexus injury: a systematic review and meta-analysis. . . . . 88**
- V.V. Bobinov*  
**Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for internal carotid artery chronic occlusion treatment a renaissance of cerebral revascularization? Literature review . . . . . 98**
- O.G. Simonyan, A.V. Prirodov, E.Yu. Bakharev, A.A. Grin*  
**Prevention of malresorptive shunt-dependent hydrocephalus development in patients after cerebral aneurysms rupture . . . . . 104**

*S.V. Piatnitskaia, Sh.M. Safin, R.A. Zamanova, A.I. Fairushina, D.Z. Makhyanov, N.I. Abdullina,  
G.R. Kireeva, I.F. Faskhutdinov, V.A. Smirnov, V.V. Krylov, V.N. Pavlov*

**Materials based on spider silk for regenerative medicine. . . . . 113**

**Lecture**

*A.Yu. Ulitin, V.V. Ramensky, N.E. Voinov, G.A. Ulitin*

**E.J. Squire, P.P. Broka and V.A. Horsley as founders of paleoanthropology and paleopathology . . . . . 122**

# Хирургическое лечение пострадавших с сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмой

## Контакты:

Евгений Викторович  
Чечухин  
[chchukhin@gmail.com](mailto:chchukhin@gmail.com)

Е. В. Чечухин<sup>1,2</sup>, А. А. Гринь<sup>3,4</sup>, А. Э. Талыпов<sup>3,4</sup>, А. Ю. Кордонский<sup>4</sup>, В. В. Белопасов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ АО «Городская клиническая больница №3 им. С.М. Кирова»; Россия, 414038 Астрахань, ул. Хибинская, 2;

<sup>2</sup>кафедра неврологии и нейрохирургии с курсом последипломного образования ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 414000 Астрахань, ул. Бакинская, 121;

<sup>3</sup>кафедра фундаментальной нейрохирургии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1;

<sup>4</sup>ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3

**Введение.** Сочетанная черепно-мозговая и позвоночно-спинномозговая травма (ЧМТ/ПСМТ) представляет одну из наиболее сложных форм неотложной нейрохирургической патологии. Тяжесть состояния, высокая частота внечерепных повреждений, угнетение сознания и необходимость этапного лечения затрудняют своевременную диагностику и ухудшают результаты хирургического лечения.

**Цель исследования** – оценить особенности клинической картины, диагностики и результаты хирургического лечения пострадавших с ЧМТ/ПСМТ.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 1772 пострадавших с черепно-мозговой травмой (ЧМТ), позвоночно-спинномозговой травмой (ПСМТ) и их сочетанием (ЧМТ/ПСМТ), госпитализированных и оперированных в 2016–2022 гг. в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва), Александрo-Мариинской областной клинической больнице и Городской клинической больнице №3 им. С.М. Кирова (Астрахань). Основную группу составили 63 пациента с сочетанной ЧМТ/ПСМТ, группы сравнения – 1519 пациентов с изолированной ЧМТ и 190 пациентов с изолированной ПСМТ. Оценивали механизм травмы, сроки госпитализации и диагностики, тяжесть состояния по ISS (Injury Severity Score, система оценки тяжести повреждений), уровень сознания по шкале комы Глазго, неврологический дефицит по шкале ASIA (American Spinal Injury Association, Американская ассоциация повреждений спинного мозга), сроки и объем хирургических вмешательств, а также исходы лечения. Статистический анализ включал непараметрические методы, критерии  $\chi^2$  и Фишера, корреляционный анализ Спирмена.

**Результаты.** Сочетанная ЧМТ/ПСМТ выявлена у 3,6 % пострадавших и характеризовалась наибольшей тяжестью состояния: медиана ISS составила 34,0 [25; 40,5]. Для данной группы были характерны высокоэнергетические механизмы травмы – дорожно-транспортные происшествия (46,0 %) и кататравма (44,4 %); высокая частота множественных сочетанных повреждений (42,9 %), преобладание переломов шейного отдела позвоночника (33,3 %) и многоуровневых повреждений (30,2 %). Угнетение сознания при поступлении отмечено у 69,8 % пациентов, тяжелый неврологический дефицит по шкале ASIA A–B – у 19,0 %. Задержка верификации спинальной травмы более 6 ч наблюдалась у 42,9 % пациентов. Медиана времени от поступления до операции составила 72 [7; 312] ч, что превышало сроки хирургического лечения при изолированной ЧМТ и ПСМТ. Ранняя спинальная операция ( $\leq 24$  ч) ассоциировалась с большей частотой улучшения по шкале ASIA по сравнению с вмешательствами, выполненными позднее 72 ч (21,4 % против 6,5 %).

**Заключение.** Сочетанная ЧМТ/ПСМТ является самостоятельной клинической формой тяжелой сочетанной травмы, ассоциированной с высокой частотой шейных и многоуровневых повреждений позвоночника, угнетением сознания и диагностическими задержками. Для улучшения результатов лечения необходимы ранняя тотальная оценка позвоночника с помощью компьютерной томографии у пациентов со сниженным уровнем сознания, мультидисциплинарный подход и максимально раннее выполнение спинальной декомпрессии и стабилизации после устранения витальных угроз.

**Ключевые слова:** сочетанная травма, сочетанная черепно-мозговая травма, изолированная позвоночно-спинномозговая травма, изолированная черепно-мозговая травма, хирургическое лечение

**Для цитирования:** Чечухин Е.В., Гринь А.А., Талыпов А.Э. и др. Хирургическое лечение пострадавших с сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмой. *Нейрохирургия* 2026;28(2):14–25.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-14-25>

## Surgical management of patients with combined traumatic brain and spinal cord injury

E.V. Chechukhin<sup>1,2</sup>, A.A. Grin<sup>3,4</sup>, A.E. Talypov<sup>3,4</sup>, A.Yu. Kordonskiy<sup>4</sup>, V.V. Belopasov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>City Clinical Hospital №3 named after S.M. Kirov; 2 Khibinskaya St., Astrakhan 414038, Russia;

<sup>2</sup>Department of Neurology and Neurosurgery with a Postgraduate Education Course, Astrakhan State Medical University, Ministry of Health of Russia; 121 Bakinskaya St., Astrakhan 414000, Russia;

<sup>3</sup>Department of Fundamental Neurosurgery, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia;

<sup>4</sup>Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia

**Contacts:** Evgeniy Viktorovich Chechukhin [chechukhin@gmail.com](mailto:chechukhin@gmail.com)

**Background.** Combined traumatic brain injury and spinal cord injury (TBI/SCI) is one of the most challenging cases in emergency neurosurgery. The severity of systemic injury, frequent extracranial lesions, impaired consciousness, and the necessity of stepwise treatment complicate timely diagnosis and worsen surgical outcomes.

**Aim.** To assess clinical features, diagnostic aspects, and surgical treatment outcomes in patients with combined TBI/SCI.

**Materials and methods.** A retrospective analysis of 1,772 patients with traumatic brain injury (TBI), spinal cord injury (SCI), and their combination (TBI/SCI) who were admitted and surgically treated between 2016 and 2022 at the Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, City Clinical Hospital No. 3 named after S.M. Kirov, and Alexander-Mariinsky Regional Clinical Hospital was performed. The study group included 63 patients with combined TBI/SCI, while the comparison groups were comprised of 1,519 patients with isolated TBI and 190 patients with isolated SCI. The mechanism of injury, time to admission and diagnosis, Injury Severity Score (ISS), Glasgow Coma Scale score, neurological deficit according to the American Spinal Injury Association (ASIA) scale, timing and extent of surgery, and treatment outcomes were evaluated. Statistical analysis included non-parametric tests,  $\chi^2$  and Fisher's exact tests, and Spearman correlation analysis.

**Results.** Combined TBI/SCI was diagnosed in 3.6 % of patients and was associated with the highest injury severity, with median ISS of 34.0 [25; 40.5]. High-energy trauma mechanisms predominated, including road traffic accidents (46.0 %) and falls from height (44.4 %). This group was characterized by a high rate of multiple associated injuries (42.9 %), predominance of cervical spine fractures (33.3 %) and multilevel injuries (30.2 %), and impaired consciousness on admission in 69.8 % of cases. Severe spinal cord injury (ASIA A–B) was observed in 19.0 % of patients. Delayed verification of spinal injury for more than 6 hours occurred in 42.9 % of cases. The median time from admission to surgery was 72 [7; 312] hours, exceeding that in isolated TBI and isolated SCI. Early spinal surgery ( $\leq 24$  h) was associated with a higher rate of neurological improvement on the ASIA scale than delayed surgery performed after 72 hours (21.4 % vs 6.5 %).

**Conclusion.** Combined TBI/SCI should be considered a distinct severe trauma type associated with high frequency of cervical and multilevel spinal injuries, impaired consciousness, and diagnostic delays. Improved outcomes require early whole-spine CT assessment in patients with decreased consciousness, multidisciplinary treatment strategy, and the earliest possible spinal decompression and stabilization once life-threatening conditions are under control.

**Keywords:** combined trauma, combined traumatic brain injury, isolated spinal trauma, isolated traumatic brain injury, surgical treatment

**For citation:** Chechukhin E.V., Grin A.A., Talypov A.E. et al. Surgical management of patients with combined traumatic brain and spinal cord injury. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):14–25.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-14-25>

### ВВЕДЕНИЕ

Сочетанные повреждения центральной нервной системы являются одной из наиболее актуальных проблем в неотложной нейрохирургии. Это объясняется большим количеством осложнений в до- и после-

операционном периодах, приводящих к инвалидизации, снижению качества жизни лиц трудоспособного возраста. Значительные трудности в диагностике и лечении возникают в связи с повреждением головного мозга, позвоночника, различных органов и систем,

наличием острой кровопотери, развитием шокового состояния, нарушением уровня бодрствования [1].

Тяжелая черепно-мозговая (ЧМТ) и позвоночно-спинномозговая травма (ПСМТ) в диагностическом и лечебном плане относятся к числу самых сложных нозологических форм. Диагностика ПСМТ бывает затруднена у пациентов с политравмой и/или нарушенным сознанием. Это приводит к поздней диагностике сочетанных повреждений. Из-за нарушений сознания пострадавшие не могут сообщить о боли, нарушениях чувствительности и движений в конечностях и т. п. Кроме того, тщательное неврологическое обследование может быть затруднено вследствие политравмы, шока, алкогольного опьянения [2].

В России хирургическое лечение больных с данной формой патологии преимущественно (более 93 %) осуществляется в региональных учреждениях – областных и городских стационарах [3].

Для оказания квалифицированной помощи таким пострадавшим необходимы участие широкого круга специалистов, современное техническое оснащение и внедрение в клиническую практику современных методов визуализации структур головного и спинного мозга.

**Цель исследования** – оценка особенностей клинической картины, диагностики и результатов хирургического лечения пострадавших с сочетанными ЧМТ и ПСМТ.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведен ретроспективный анализ результатов лечения 1772 пострадавших с ЧМТ, ПСМТ и их сочетанием (ЧМТ/ПСМТ), госпитализированных и оперированных в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва), Александрo-Мариинской областной клинической больнице и Городской клинической больнице № 3 им. С.М. Кирова (Астрахань) в период с 01.01.2016 по 31.12.2022.

Большинство пациентов ( $n = 1523$ ; 86 %) были доставлены в стационары бригадами скорой медицинской помощи, остальные 249 (14 %) поступили переводом из районных лечебных учреждений.

Основную группу составили пострадавшие с сочетанной ЧМТ/ПСМТ ( $n = 63$ ). В контрольные группы вошли 1519 пациентов с изолированной ЧМТ и 190 больных с изолированной ПСМТ.

Диагностический алгоритм включал компьютерную томографию (КТ) головного мозга для всех пострадавших с ЧМТ и сочетанной травмой, а также КТ позвоночника для больных с ПСМТ и ЧМТ/ПСМТ.

Магнитно-резонансная томография (МРТ) позвоночника проведена 38 (60 %) из 63 пострадавших группы сочетанной ЧМТ/ПСМТ.

Степень нарушения сознания оценивали по шкале комы Глазго (ШКГ). Неврологические нарушения

у пациентов с ПСМТ и сочетанной травмой определяли по шкале ASIA (American Spinal Injury Association, Американская ассоциация повреждений спинного мозга).

У пациентов со спинальной травмой исход лечения оценивали следующим образом:

- хороший – полное либо частичное восстановление двигательной функции;
- отсутствие динамики – сохранение исходного уровня нарушений;
- неудовлетворительный – летальный исход либо утяжеление неврологического дефицита в послеоперационном периоде.

Исходы хирургического лечения пострадавших с ЧМТ оценивали по шкале исходов Глазго.

Анализ полученных данных проводили с использованием статистических прикладных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft@Inc., США) и StatTech v.3.1.6 (ООО «Статтех», Россия). Сравнение количественных переменных в 2 независимых группах осуществляли с помощью критерия Манна–Уитни, в 3 группах – критерия Краскела–Уоллиса, при попарном сравнении – критерия Данна. При множественных сравнениях качественных и количественных переменных применяли поправку Холма–Бонферрони, при установлении взаимосвязи между количественными переменными прибегали к оценке коэффициента корреляции Спирмена. Для качественных переменных рассчитывали абсолютные ( $n$ ) и относительные (%) частоты с помощью  $\chi^2$ -критерия и критерия Фишера (при значениях ожидаемых частот  $< 5$ ). Уровень ошибки был принят равным 0,05, нулевые гипотезы отвергали при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В течение 1-х суток после травмы в нейрохирургические отделения поступили 1210 (68 %) пострадавших, позднее 24 ч – 562 (32 %). Выявлены межгрупповые различия по срокам госпитализации ( $N = 1020$ ;  $p < 0,001$ , метод Краскела–Уоллиса). У больных с изолированной ЧМТ медиана времени от травмы до госпитализации составила 1,3 ч (диапазон 1–76 ч); при изолированной ПСМТ – 11 [4; 24] ч (диапазон 1–420 ч); при сочетанной ЧМТ/ПСМТ – 6 [2; 24] ч (диапазон 1–420 ч). В группе пациентов с изолированной ЧМТ доля мужчин составила 84 %, тогда как в группах изолированной ПСМТ и сочетанной ЧМТ/ПСМТ доля женщин была значительно выше – 40,5 и 31,7 % соответственно. Средний возраст пострадавших во всех группах составил от 40 до 42 лет.

Основным механизмом при изолированной ПСМТ являлись дорожно-транспортные происшествия (72,1 %), тогда как падения (включая кататравму и падения с высоты собственного роста) имели место в 19,5 % наблюдений, а насильственная травма –

в 8,4 %. При изолированной ЧМТ основным механизмом получения травмы было падение с высоты собственного роста (25,3 %), при сочетанной ЧМТ/ПСМТ – дорожно-транспортные происшествия (46,0 %) и кататравма (44,4 %) (табл. 1).

Статистически значимые различия были в структуре вневертебральных сочетанных повреждений. У пострадавших с изолированной ПСМТ наиболее часто имели место повреждения грудной клетки (10,5 %), опорно-двигательного аппарата (6,8 %), реже – множественные повреждения (7,9 %) и травмы лицевого скелета (0,5 %). В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ преобладали множественные повреждения (42,9 %) нередко в сочетании с травмой грудной клетки (7,9 %) и повреждением опорно-двигательного аппарата (3,2 %) (рис. 1).

Имелись статистически значимые межгрупповые различия в локализации переломов позвоночника ( $\chi^2 = 1763,2$ ;  $p < 0,001$ ). При изолированной ПСМТ преобладали повреждения поясничного отдела (62,1 %), тогда как переломы шейного сегмента встречались лишь в 1,6 % случаев. Наряду с этим, у 20,5 % пациентов диагностировались переломы грудного отдела, а у 15,8 % – множественные повреждения на разных уровнях (рис. 2).

В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ переломы шейного отдела были у 21 (33,3 %) больного, многоуровневые поражения – у 19 (30,2 %), наименее часто выявлялись повреждения грудного отдела (у 9 (14,3 %) пациентов), тогда как травма поясничного отдела была у 14 (22,2 %) пострадавших (см. рис. 2).

Вероятность переломов шейного отдела у пострадавших с сочетанной ЧМТ/ПСМТ была значительно выше, чем у больных с изолированной ПСМТ (отношение шансов (ОШ) 31,2; 95 % доверительный

интервал (ДИ) 8,9–109,3;  $p < 0,001$ ), риск многоуровневых повреждений оказался в 2,3 раза выше (ОШ 2,30; 95 % ДИ 1,18–4,48;  $p = 0,01$ ). В то же время частота переломов грудного отдела позвоночника достоверно не различалась (ОШ 0,65; 95 % ДИ 0,29–1,42;  $p > 0,05$ ), а риск переломов на поясничном уровне был значительно ниже при сочетанной травме (ОШ 0,17; 95 % ДИ 0,09–0,34;  $p < 0,001$ ).

Особого внимания заслуживает структура переломов шейных позвонков у пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ. Значительная часть приходилась на верхнешейный сегмент (С1–С2, включая зубовидный отросток) (14 (22,2 %) из 63 больных). Среди субаксиальных переломов преобладали травмы нижнешейных позвонков: С6 – у 13 (23 %) пациентов и С7 – у 12 (21 %), тогда как переломы уровня С3 встречались значительно реже – у 4 (7 %) больных.

Для сравнения: в группе пациентов с изолированной ПСМТ переломы шейного отдела позвоночника встречались редко – 1,6 % (3 из 190), причем перелом позвонка С2 был у 1 (0,5 %) пациента.

Среди внутричерепных повреждений в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ преобладали травматические субарахноидальные кровоизлияния (28,6 %) и очаговые ушибы головного мозга (25,4 %); доля острых субдуральных гематом составила 20,6 %, эпидуральных гематом – 7,9 %, вдавленных переломов – 4,8 %. При изолированной ЧМТ преобладали острые субдуральные гематомы – 39,6 %, вдавленные переломы черепа были у 21,3 % пациентов, внутримозговые гематомы – у 16,9 %, множественные очаги ушиба – у 18,0 %, эпидуральные гематомы – у 1,0 % (рис. 3).

Повреждения спинного мозга типа ASIA A выявлены у 15,9 % (10 из 63) пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ, повреждения типа ASIA B – у 3,2 % (2 из 63).

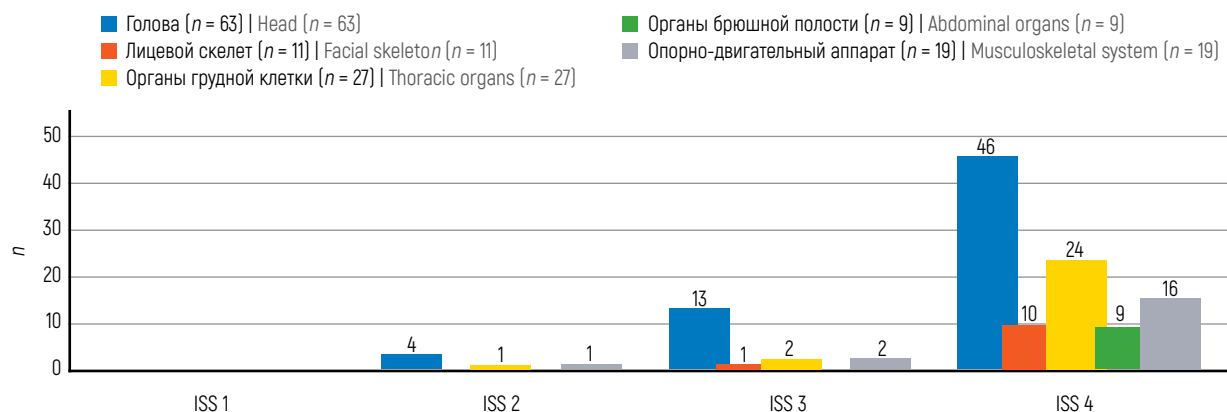


Рис. 1 | Fig. 1

Локализация и тяжесть повреждений в группе сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмы ( $n = 63$ ). ISS 1 (<9 баллов) – незначительные повреждения; ISS 2 (9–15 баллов) – умеренные повреждения; ISS 3 (16–25 баллов) – тяжелые повреждения; ISS 4 (>25 баллов) – крайне тяжелые повреждения [4]

Location and severity of injuries in the combined traumatic brain injury and spinal cord injury group ( $n = 63$ ). ISS 1 (score <9) – minor injuries; ISS 2 (score 9–15) – moderate injuries; ISS 3 (score 16–25) – major injury; ISS 4 (score >25) – critical injury [4]

Таблица 1 | Table 1

Общая характеристика пациентов (n = 1772)  
General characteristics of the patients (n = 1772)

Характеристика Characteristic	Общая группа (n = 1772; 100 %) Total group (n = 1772; 100 %)	ПСМТ (n = 190; 10,7 %) SCI (n = 190; 10,7 %)	ЧМТ (n = 1519; 85,7 %) TBI (n = 1519; 85,7 %)	Сочетанная ЧМТ и ПСМТ (n = 63; 3,6 %) Combined TBI and SCI (n = 63; 3,6 %)	p
Возраст, Ме [LQ; UQ], min-max, лет Age, Me [LQ; UQ], min-max, years	40 [30; 53] 18-93	42 [30; 56] 18-82	40 [30; 53] 18-93	41 [33; 53] 18-82	0,753 <sup>1</sup>
Пол, n (%): Sex, n (%): женский female мужской male	328 (18,5) 1444 (81,5)	77 (40,5) 113 (59,5)	231 (15,2) 1288 (84,8)	20 (31,7) 43 (68,3)	<0,001 <sup>2</sup>
Причина травмы, n (%): Cause of the injury, n (%): дорожно-транспортное происшествие road traffic accident падение fall прочее other	673 (38,0) 449 (25,3) 650 (36,7)	137 (72,1) 37 (19,5) 16 (8,4)	507 (33,4) 384 (25,3) 628 (41,3)	29 (46) 28 (44,4) 6 (9,5)	0,002 <sup>3</sup>
ISS при поступлении, Ме [LQ; UQ], min-max, баллы ISS at admission, Me [LQ; UQ], min-max, score	16 [9; 25] 4-86	8 [4; 13] 4-50	16 [9; 25] 4-86	34 [25; 40,5] 13-61	<0,001 <sup>1</sup>
Баллы по шкале комы Глазго при поступлении, Ме [LQ; UQ], min-max Glasgow Coma Scale score at admission, Me [LQ; UQ], min-max	11 [6; 15] 3-15	15 [15; 15] 8-15	10 [6; 14] 3-15	12 [10; 15] 4-15	<0,001 <sup>1</sup>
Срок от травмы до поступления, Ме [LQ; UQ], min-max, ч Time from injury to admission, Me [LQ; UQ], min-max, h	5,3 [2; 24] 1-420	11 [4; 24] 1-420	1 [1; 1] 1-76	6 [2; 24] 1-420	<0,001 <sup>1</sup>
Срок от травмы до проведения компьютерной томографии, Ме [LQ; UQ], min-max, ч Time from injury to computed tomography, Me [LQ; UQ], min-max, h	5,6 [2; 24] 1-420	12 [4; 24] 1-420	2 [2; 2] 2-76	15 [2; 48] 1-420	<0,001 <sup>1</sup>
Время от поступления до операции, Ме [LQ; UQ], min-max, ч Time from admission to surgery, Me [LQ; UQ], min-max, h	27,5 [10; 120] 1-8760	24 [10,25; 120] 1-8760	2 [2; 3] 1-89	72 [7; 312] 3-1056	<0,001 <sup>1</sup>
Количество выполненных операций, n (%) Number of performed surgeries, n (%)	1856 (100)	232 (12,5)	1519 (82)	105 (5,5)	-

<sup>1</sup>Критерий Краскела-Уоллиса.

<sup>2</sup> $\chi^2$ -критерий Пирсона.

<sup>3</sup>Точный критерий Фишера.

Примечание. ЧМТ – черепно-мозговая травма; ПСМТ – позвоночно-спинномозговая травма; Ме – медиана; [LQ; UQ] – интерквартильный размах; ISS (Injury Severity Score) – система оценки тяжести повреждений.

<sup>1</sup>Kruskal-Wallis test.

<sup>2</sup>Pearson's  $\chi^2$  test.

<sup>3</sup>Fisher's exact test.

Note. TBI – traumatic brain injury; SCI – spinal cord injury; Me – median; [LQ; UQ] – interquartile range; ISS – Injury Severity Score.

Таким образом, доля пациентов с тяжелыми спинальными повреждениями (ASIA A–B) составила 19,0 % (см. рис. 2).

Неполные повреждения спинного мозга (ASIA C–D) отмечены у 20,6 % (13 из 63) пострадавших. У 60,3 %

(38 из 63) пациентов клинически значимого неврологического дефицита при поступлении не выявлено, что соответствует категории ASIA E (см. рис. 2).

В группе изолированной ПСМТ тяжелые повреждения спинного мозга (ASIA A–B) выявлены у 12,6 %

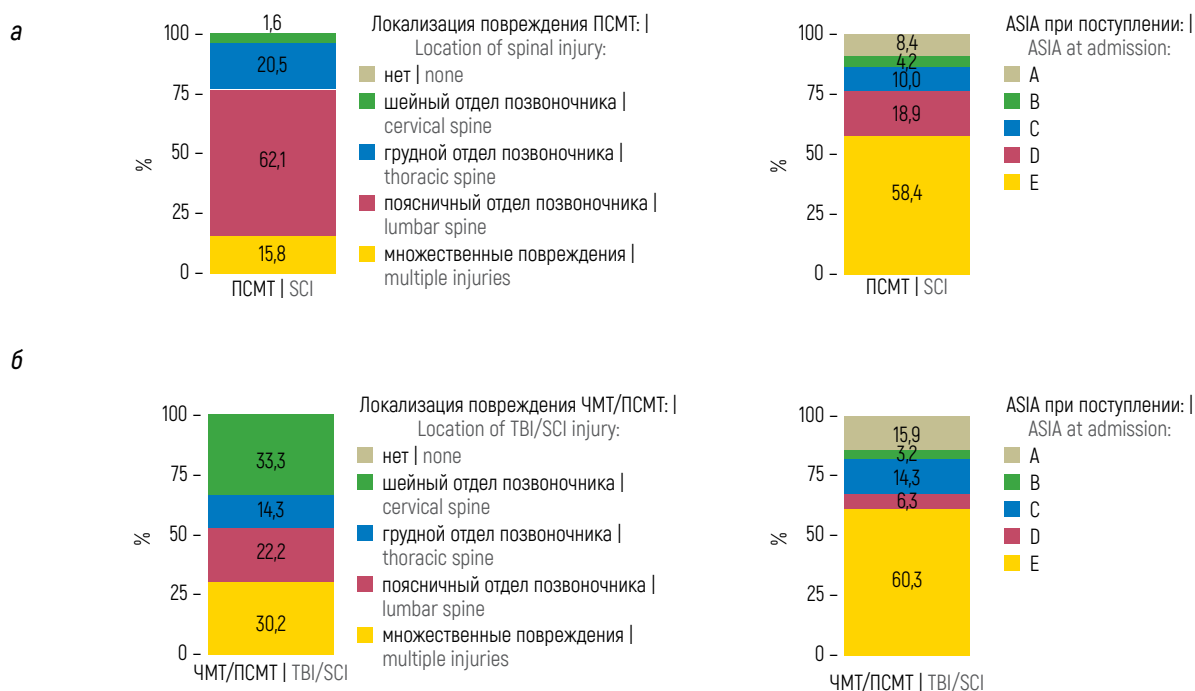


Рис. 2 | Fig. 2

Локализация переломов и выраженность неврологических расстройств в группах изолированной позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ) ( $n = 190$ ) (а) и сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмы (ЧМТ/ПСМТ) ( $n = 63$ ) (б)

Locations of fractures and severity of neurological disorders in the isolated spinal injury (SCI) group ( $n = 190$ ) (a) and combined traumatic brain and spinal cord injury (TBI/SCI) group ( $n = 63$ ) (b)

- Субдуральная гематома | Subdural hematoma
- Эпидуральная гематома | Epidural hematoma
- Субарахноидальное кровоизлияние | Subarachnoid hemorrhage
- Внутримозговая гематома | Intracranial hematoma
- Множественные гематомы вещества головного мозга | Multiple hematomas of the brain contusions
- Мелкоочаговые повреждения вещества головного мозга | Multifocal injuries of the brain contusions
- Вдавленный перелом | Depressed fracture
- Перелом черепа | Skull fracture

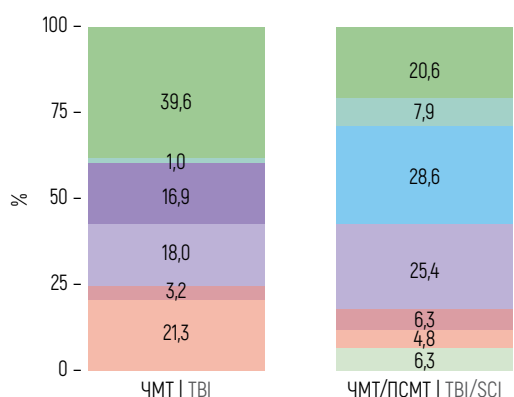


Рис. 3 | Fig. 3

Виды внутричерепных повреждений в группах изолированной черепно-мозговой травмы (ЧМТ) и сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмы (ЧМТ/ПСМТ)

Types of intracranial injuries in the isolated traumatic brain injury (TBI) group and combined traumatic brain and spinal cord injury (TBI/SCI) group

(24 из 190) пациентов: ASIA A – у 8,4 % (16 из 190) и ASIA B – у 4,2 % (8 из 190) (см. рис. 2).

Неполные повреждения спинного мозга представлены преимущественно типами ASIA C (10,0 % (19 из 190)) и ASIA D (18,9 % (36 из 190)). У большинства пострадавших (58,4 % (111 из 190)) клинически значимого неврологического дефицита при поступлении не выявлено, что соответствует категории ASIA E (см. рис. 2).

У пациентов, пострадавших в результате дорожно-транспортных происшествий либо кататравмы, вероятность развития тяжелой спинальной травмы (ASIA A–B) была выше по сравнению с таковой при падении с высоты собственного роста (ОШ 4,06; 95 % ДИ 0,42–39,26), однако различия не достигли статистической значимости.

Переломы шейных позвонков у пострадавших с угнетением сознания ( $\leq 9$  баллов по ШКГ) встречались чаще в 2,2 раза по сравнению с пациентами с сохраненным сознанием (13–15 баллов по ШКГ), однако различия не достигли статистической значимости (ОШ 2,20; 95 % ДИ 0,74–6,55).

Среди пострадавших с сочетанной травмой ( $> 16$  баллов по ISS (Injury Severity Score, система оценки тяжести повреждений)) достоверно чаще встречались тяжелые спинальные повреждения. Так, в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ доля пациентов с повреждениями ASIA A составила 15,9 % (10 из 63), ASIA B – 3,2 % (2 из 63).

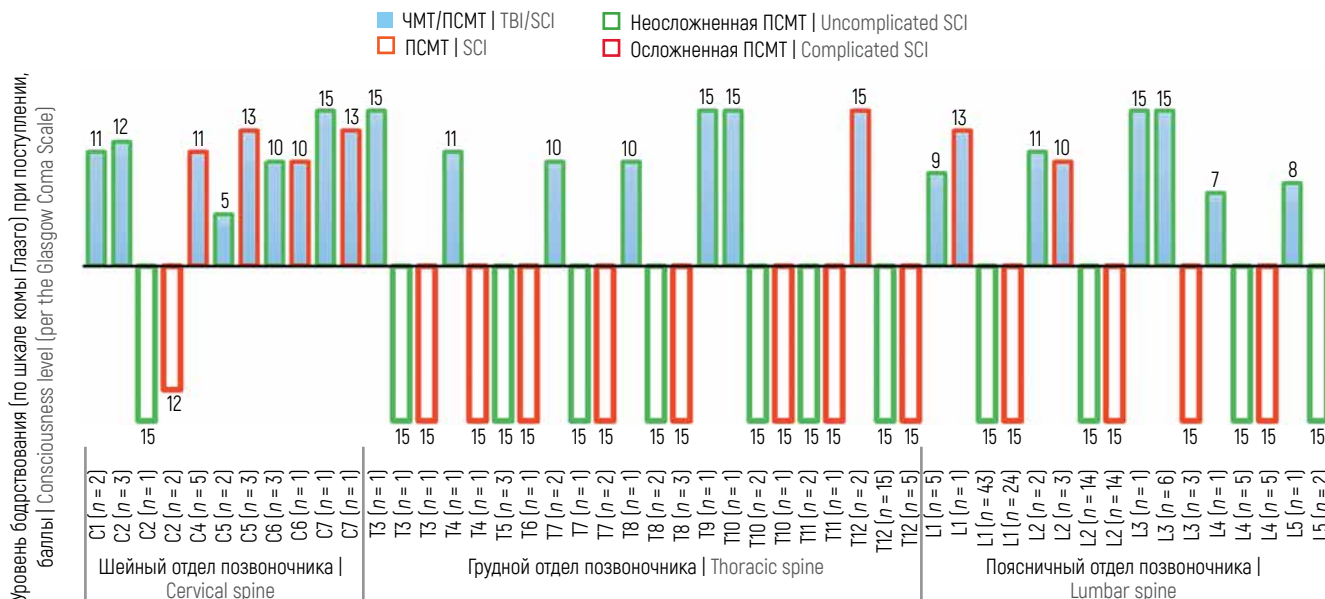


Рис. 4 | Fig. 4

Уровень угнетения сознания в группах изолированной позвоночно-спинномозговой травмы (ПСМТ) (n = 190) и сочетанной черепно-мозговой и позвоночно-спинномозговой травмы (ЧМТ/ПСМТ) (n = 63)

Consciousness level in the isolated spinal cord injury (SCI) group (n = 190) and combined traumatic brain and spinal cord injury (TBI/SCI) group (n = 63)

Наличие сочетанных переломов опорно-двигательного аппарата ассоциировалось с тенденцией к повышению риска развития осложненной ПСМТ в 3,17 раза (ОШ 3,167; 95 % ДИ 0,907–11,054), что сопровождалось более высокой частотой тяжелых неврологических расстройств по шкале ASIA A–B – 39,7 % против 34,7 % при изолированной ПСМТ.

При изолированной ПСМТ сознание было нарушено лишь у 4 (2,1 %) из 190 больных. В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ снижение уровня сознания отмечено у 44 (69,8 %) из 63 пациентов.

Выявлена корреляция между степенью нарушения сознания и уровнем повреждения позвоночника в группе пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ. Сознание было угнетено у 12 (85,7 %) из 14 пострадавших с переломами поясничного и у 15 (71,4 %) из 21 с переломами шейного отдела позвоночника, несколько реже – при многоуровневых поражениях (13 (68,4 %) из 19) и наиболее редко – при повреждениях грудного отдела (4 (44,4 %) из 9). В группе пострадавших в сопоре и коме (≤9 баллов по ШКГ) переломы поясничного отдела позвоночника были у 6 (42,9 %) из 14, шейного – у 5 (23,8 %) из 21, грудного – у 1 (11,1 %) из 9, многоуровневые – у 2 (10,5 %) из 19 пациентов (рис. 4, 5).

В группе пострадавших с сочетанной ЧМТ/ПСМТ сознание было нарушено у 44 больных, из них до сопора и комы – у 14 (22,2 %); очаговая полушарная симптоматика была у 34 (54,0 %), дислокационная стволовая симптоматика – у 9,5 % пациентов.

Особенностью клинической картины у пострадавших с сочетанной ЧМТ/ПСМТ являлось одновременное

наличие нарушений сознания, полушарной и дислокационной церебральной симптоматики и спинальных неврологических повреждений («двойная симптоматика») – у 11 (17,5 %) из 63 пациентов. У 2 (18,2 %) пациентов сознание было угнетено до комы (≤8 баллов по ШКГ), у 9 (81,8 %) – до глубокого оглушения или сопора (9–12 баллов по ШКГ). При этом у 7 (63,6 %) больных были выявлены очаговые ушибы головного мозга в сочетании с осложненными переломами шейного отдела позвоночника (ASIA A–B). У 4 (36,4 %) пострадавших с осложненными многоуровневыми повреждениями позвоночника (ASIA B–C) были выявлены очаги ушибов мозга в сочетании с гематомами (n = 2; 18,2 %) и травматическим субарахноидальным кровоизлиянием (у 6 (54,5 %) из 11). В 4 (36,4 %) наблюдениях ушибы головного мозга сочетались с вдавленными переломами костей свода, в 1 (9,1 %) – с переломом основания черепа.

Сочетание тяжелой ЧМТ и ПСМТ существенно затрудняло интерпретацию выявляемых симптомов и являлось одной из основных причин поздней клинической диагностики осложненной ПСМТ. Верификация спинальной симптоматики с задержкой более чем на 6 ч была у 27 (42,9 %) из 63 пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ. У этой подгруппы медиана интервала от момента травмы до окончательной верификации диагноза составляла 15 [2; 48] ч, что достоверно превышало сроки обследования при изолированной ПСМТ (p < 0,05, критерий Манна–Уитни). В результате вероятность диагностической задержки в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ была в 2,8 раза выше,

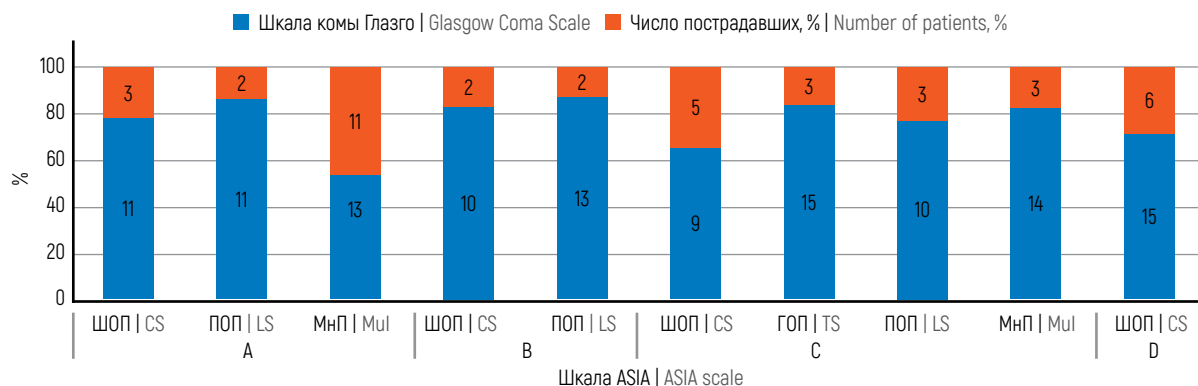


Рис. 5 | Fig. 5

Степень угнетения сознания в группе изолированной позвоночно-спинномозговой травмы ( $n = 190$ ). ШОП – шейный отдел позвоночника; ПОП – поясничный отдел позвоночника; ГОП – грудной отдел позвоночника; МНП – множественные повреждения  
Consciousness level in the isolated spinal cord injury (SCI) group ( $n = 190$ ). CS – cervical spine; LS – lumbar spine; TS – thoracic spine; Mul – multiple injuries

чем при изолированной ПСМТ (ОШ 2,81; 95 % ДИ 1,09–7,24).

Медиана времени от поступления до проведения КТ у пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ составила 15 [2; 48] ч, что было достоверно выше по сравнению с группой изолированной ЧМТ (2,0 [2,0; 2,0] ч;  $U = 70\,447,5$ ;  $p < 0,001$ ). В то же время различия с группой изолированной ПСМТ (12,0 [4,0; 24,0] ч) не достигли статистической значимости ( $U = 3979,5$ ;  $p = 0,63$ ). В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ в экстренном порядке, как правило, выполняли КТ головного мозга, тогда как КТ/мультиспиральную КТ позвоночника у части больных проводили после стабилизации витальных функций, что дополнительно удлиняло сроки инструментальной диагностики осложненной ПСМТ.

У пациентов группы сочетанной ЧМТ/ПСМТ с наиболее тяжелой спинальной травмой (ASIA A–B) КТ выполнялась заметно позже, чем в группе в целом. Медиана времени от поступления до проведения КТ составила 31,5 ч (в подгруппе ASIA A – 31,5 [4,5; 48,0] ч; в подгруппе ASIA B – 31,5 [16,25; 46,75] ч); различий между подгруппами ASIA A и B нет ( $U = 10,5$ ;  $p = 1,0$ ). Для сравнения: по всей группе ЧМТ/ПСМТ медиана составила 15 [2; 48] ч. Это согласуется с клинической картиной: тяжесть состояния и необходимость стабилизации витальных функций удлиняют диагностический этап.

Медиана времени от поступления до хирургического вмешательства по поводу ведущего повреждения при изолированной ЧМТ составила 2 [2; 3] ч, при изолированной ПСМТ – 24 [10,25; 120] ч, а при сочетанной ЧМТ/ПСМТ – 72 [7; 312] ч, что отражало этапность лечения с приоритетом стабилизации церебральных нарушений и отсроченным выполнением спинальной операции. В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ операции в 1-е сутки выполнялись у 28 (44 %) пациентов, на 2–3-и сутки – у 4 (6 %), позднее 72 ч – у 31 (49 %).

Исходы хирургического лечения достоверно различались в зависимости от типа травмы и определя-

лись выраженностью исходного неврологического дефицита, уровнем угнетения сознания при поступлении и сроками выполнения оперативных вмешательств.

В группе изолированной ПСМТ исходы лечения оценивали по динамике неврологического статуса в соответствии со шкалой ASIA. Более благоприятные результаты отмечались у пациентов с неполными повреждениями спинного мозга (ASIA C–D), а также при отсутствии клинически значимого неврологического дефицита (ASIA E). При тяжелых повреждениях спинного мозга (ASIA A–B) восстановление двигательных функций было ограниченным. Сроки выполнения спинальных операций в данной группе (медиана 24 [10,25; 120] ч) в ряде случаев позволяли добиться положительной неврологической динамики при условии своевременной декомпрессии и стабилизации позвоночника.

Наиболее неблагоприятные исходы отмечены у пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ. В этой группе прогноз определялся совокупным влиянием тяжести церебрального и спинального повреждения, частотой угнетения сознания при поступлении и диагностическими задержками. Улучшение неврологического статуса по шкале ASIA было зарегистрировано у 14 % пациентов, преимущественно при исходных неполных повреждениях спинного мозга (ASIA C–D).

Существенное влияние на исход оказывали сроки выполнения спинального хирургического вмешательства. У пострадавших, прооперированных в ранние сроки ( $\leq 24$  ч от момента поступления), положительная динамика по шкале ASIA отмечалась в 21,4 % случаев, тогда как при отсроченных вмешательствах (более чем через 72 ч) – лишь в 6,5 %. При тяжелых спинальных повреждениях (ASIA A–B) восстановление двигательных функций наблюдалось крайне редко.

Высокая частота неудовлетворительных исходов и летальности в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ была

обусловлена не только выраженностью неврологического дефицита, но и системными факторами, включая необходимость этапного лечения с приоритетной стабилизацией витальных функций, тяжесть внечерепных сочетанных повреждений и отсроченное выполнение спинальных операций. В этих условиях временной фактор приобретает решающее значение, а сроки спинальной декомпрессии и стабилизации позвоночника являлись ключевым управляемым параметром, определяющим неврологический исход у пострадавших данной категории.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе мы попытались рассмотреть сочетанную ЧМТ/ПСМТ как единый синдром, возникающий вследствие синергетического воздействия биомеханических, сосудистых и нейровоспалительных факторов на структуры головного и спинного мозга [1, 2, 5]. Такой взгляд отражает современные представления, в которых ось «головной мозг – спинной мозг – системная регуляция» может рассматриваться как единый интегративный синдром при сочетанной травме [5, 6]. В отличие от исследований, которые ориентируются на доминирующий очаг поражения, наша работа демонстрирует, что сочетанная травма формирует особый профиль риска, характеризующийся более высокой тяжестью системных нарушений, иной структурой внутричерепных и спинальных повреждений, а также значимыми диагностическими задержками.

Частота сочетанной ЧМТ/ПСМТ в нашем исследовании, проведенном в 2 центрах, составляет 3,6 %, что обусловлено критериями клинической и инструментальной диагностики и сплошным временным анализом отбора пациентов. В международных исследованиях, которые используют расширенные диагностические подходы с учетом посттравматической амнезии, динамики по ШКГ и данных нейровизуализации, в отдельных группах доля конкурирующей ЧМТ при ПСМТ составляет 47–60 %, тогда как среди больных с тяжелой ЧМТ частота клинически значимой спинальной травмы колеблется в пределах 5–10 % [1, 2]. Такие различия подчеркивают решающую роль методологии диагностики и указывают на необходимость унификации критериев при проведении многоцентровых и метааналитических исследований.

Сопоставление наших данных с результатами популяционных и проспективных исследований позволяет заключить, что основными детерминантами сочетанной черепно-спинальной травмы остаются высокоэнергетический механизм (дорожно-транспортные происшествия, кататравма), повреждения шейного отдела позвоночника и наличие системных факторов риска, включая тяжесть сочетанных повреждений (ISS) [1, 2, 7].

Преобладание повреждений сегментов С1–С2 и С6–С7 среди пострадавших с сочетанной травмой указывает на значимую роль краниовертебрального перехода как зоны концентрации и трансформации механической энергии. Экспериментальные и компьютерные модели травмы показывают, что при переднезаднем и вертикальном направлении травмирующей силы происходит наложение компрессионных, сгибательно-разгибательных и ротационных векторов, что приводит к одновременному перераспределению нагрузки на структуры основания черепа и шейного отдела позвоночника [4, 8, 9]. Такая кинематика может способствовать высокой частоте нестабильных переломов верхнешейного сегмента, а также диффузных внутричерепных повреждений, обусловленных одновременным воздействием ускорения и ротации [10, 11].

Еще одним биомеханическим фактором является роль грудной клетки и плечевого пояса при высокоэнергетических травмах, когда часть кинетической энергии трансформируется в осевые и сдвиговые нагрузки на нижнешейные сегменты (С6–С7) [8, 9]. Это может объяснять сочетание повреждений краниовертебрального перехода и субаксиального отдела шейного отдела позвоночника у пациентов с сочетанной травмой.

Травма верхнешейных сегментов способна нарушать сегментарную регуляцию диафрагмы и вспомогательной дыхательной мускулатуры, клинически связана с нарушением дыхания, артериальной гипотензией и риском вторичных инсультов [7, 12]. Параллельно поражение симпатических проводящих путей и развитие нейрогенного шока способствуют системной гипотензии и снижению спинальной перфузии, формируя порочный круг вторичного повреждения как церебральных, так и спинальных структур [5, 12].

Нейровоспалительный ответ после ПСМТ может системно потенцировать вторичное повреждение головного мозга через высвобождение провоспалительных цитокинов, активацию микроглии и нарушение гематоэнцефалического барьера. Экспериментальные данные указывают на двунаправленное взаимодействие между очагами повреждения, при котором системное воспаление и иммунная дисрегуляция после спинальной травмы усиливают нейрональную уязвимость в головном мозге, а выраженное церебральное повреждение в свою очередь усугубляет спинальную ишемию и отек [5, 11].

Взаимосвязь между нарушениями сознания и переломами шейного отдела позвоночника, выявленная в настоящем исследовании, подтверждает концепцию уровня сознания как интегрального индикатора системной тяжести травмы. У пострадавших с выраженными нарушениями были наиболее высокий риск нераспознанных переломов шейного отдела и наибольшая

диагностическая задержка, что имеет критическое значение для профилактики вторичных спинальных повреждений [7, 13, 14].

С клинической точки зрения нарушение сознания у пациентов с высокоэнергетической травмой или неизвестным ее механизмом следует рассматривать как показание для проведения тотальной КТ-визуализации всего позвоночника, мониторинга дыхательной функции и ранней стабилизации шейного отдела позвоночника. Такой подход позволяет минимизировать риск ятрогенной дислокации нестабильных сегментов при транспортировке и проведении интенсивной терапии [14, 15].

Преобладание травматических субарахноидальных кровоизлияний и очаговых ушибов в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ согласуется с моделями ускорительно-ротационной травмы, при которых диффузное сосудистое и аксональное повреждение доминирует над локализованными формами, такими как острые субдуральные гематомы и вдавленные переломы [10, 11]. Это указывает на системный характер травмирующего воздействия.

Полученные нами данные подтверждают необходимость внедрения протоколов тотальной КТ с обязательной оценкой всего позвоночника у пациентов с сочетанной травмой и сниженным уровнем сознания [13, 14]. Использование стандартизированных классификаций ЧМТ, основанных на ШКГ или других шкалах и результатах нейровизуализации, повышает сопоставимость данных и точность построения прогностических моделей [1, 16]. Перспективным направлением может быть применение автоматизированных инструментов анализа изображений, что может способствовать раннему выявлению скрытых повреждений позвоночника и оптимизации маршрутизации пациентов.

Сочетанная ЧМТ/ПСМТ в нашем исследовании была связана с более высоким индексом тяжести повреждений, большей частотой множественных внеverteбральных травм и тенденцией к худшим неврологическим исходам. Некоторые авторы указывают на то, что наличие даже умеренной ЧМТ у пациентов с ПСМТ увеличивает длительность пребывания в отделении интенсивной терапии, потребность в инвазивной вентиляции и снижает вероятность функциональной независимости при выписке [2, 17, 18].

В практическом аспекте пациенты с сочетанной травмой должны рассматриваться как отдельная группа высокого риска, требующая раннего лечения с участием мультидисциплинарной команды, включающей нейрохирургов, специалистов по интенсивной терапии, травматологов и нейропсихологов, а также раннего планирования реабилитационного этапа.

Научная новизна работы заключается в детальном сопоставлении уровня сознания (по ШКГ), локализации переломов позвоночника и сроков диагностики

в клинической когорте, включающей пациентов с изолированной и сочетанной травмой. Полученные результаты позволяют рассматривать угнетение сознания не только как маркер тяжести первичного повреждения головного мозга, но и как независимый предиктор скрытых и клинически недооцененных шейных и многоуровневых поражений позвоночника, что важно для определения тактики лечения и реабилитации пострадавших [7, 13, 14].

Основными ограничениями нашего исследования являются ретроспективный дизайн, межцентровая вариабельность диагностических протоколов и небольшое число пациентов в группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ, что ограничивает глубину анализа нейропсихологических исходов и сопоставимость с международными регистрами [1, 2].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Сочетанная ЧМТ/ПСМТ характеризуется наибольшей тяжестью состояния по ISS (медиана 34,0 [25; 40,5]), высокой частотой множественных повреждений (42,9 %) и преобладанием переломов шейного отдела (33,3 %) и многоуровневых сегментов (30,2 %), а также высокой частотой угнетения сознания при поступлении (69,8 %).
- Наличие угнетения сознания и «двойная симптоматика» (у 17,5 % пациентов) существенно затрудняют клиническую диагностику осложненной ПСМТ и ассоциируются с высокой частотой диагностических задержек. В группе сочетанной ЧМТ/ПСМТ задержка верификации спинальной травмы более 6 ч отмечалась у 42,9 % пациентов, а при угнетении сознания — у 61,4 %.
- Высокоэнергетические механизмы травмы (дорожно-транспортные происшествия и кататравма), низкий уровень сознания ( $\leq 9$  баллов по ШКГ) и высокий показатель ISS ассоциируются с повышенным риском тяжелых и осложненных повреждений позвоночника, преимущественно на шейном и многоуровневом сегментах.
- Более высокий показатель ISS ассоциировался с риском тяжелой ПСМТ: у больных с  $ISS \geq 34$  баллов вероятность осложненных повреждений была выше в 3,2 раза (ОШ 3,18; 95 % ДИ 0,64–15,9), чем у пострадавших с  $ISS \leq 16$  баллов. При переломах опорно-двигательного аппарата риск шейных и многоуровневых повреждений также возрастал (ОШ 3,167; 95 % ДИ 0,907–11,054).
- Сроки операции и неврологический исход. Внутри группы ЧМТ/ПСМТ ранняя спинальная операция ( $\leq 24$  ч) сопровождалась большей частотой улучшения по шкале ASIA (21,4 %) по сравнению с отсроченными вмешательствами ( $> 72$  ч) (6,5 %). Более высокая нескорректированная летальность в подгруппе ранних операций отражает отбор наиболее

тяжелых пациентов и не исключает пользы ранней декомпрессии для восстановления у выживших.

- Практическая значимость полученных результатов заключается в необходимости оптимизации маршрутизации пострадавших, сокращения времени до

нейровизуализации (КТ/МРТ), расширения доступности МРТ в остром периоде и применения мультидисциплинарного подхода для своевременной диагностики и раннего хирургического лечения пациентов с сочетанной ЧМТ/ПСМТ.

## Литература | References

1. Macciocchi S., Seel R.T., Thompson N. et al. Spinal cord injury and co-occurring traumatic brain injury: assessment and incidence. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(7):1350–7. DOI: 10.1016/j.apmr.2007.11.055
2. Hagen E.M., Eide G.E., Rekan T. et al. Traumatic spinal cord injury and concomitant brain injury: a cohort study. *Acta Neurol Scand* 2010;122(Suppl 190):51–7. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2010.01376.x
3. Richards J.S., Brown L., Hagglund K.J. et al. Spinal cord injury and concomitant traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69(3):213–6. DOI: 10.1097/00002060-198810000-00005
4. Panjabi M.M., White A.A. *Biomechanics of the spine*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
5. Schwab J.M., Zhang Y., Kopp M.A. et al. The paradox of chronic neuroinflammation and systemic immune suppression after spinal cord injury. *Exp Neurol* 2014;258:121–9. DOI: 10.1016/j.expneurol.2014.04.023
6. Diringer M.N., Zazulia A.R. Autoregulation and ischemia after traumatic brain injury. *Neurosurg Clin N Am* 2016;27(4):473–80. DOI: 10.1016/j.expneurol.2014.04.023
7. Tian H.L., Guo Y., Hu J. et al. Clinical characterization of comatose patients with cervical spine injury and traumatic brain injury. *J Trauma* 2009;67(6):1305–10. DOI: 10.1097/TA.0b013e31819db57c
8. Yoganandan N., Pintar F.A. *Biomechanics of cervical spine trauma*. Clin Biomech (Bristol, Avon) 2001;16(1):1–12. DOI: 10.1016/s0268-0033(00)00074-7
9. Nightingale R.W., Myers B.S. The biomechanics of cervical spine injury. *Accid Anal Prev* 2001;33(6):831–9.
10. Gennarelli T.A., Thibault L.E. Biomechanics of acute subdural hematoma. *J Trauma* 1982;22(8):680–6. DOI: 10.1097/00005373-198208000-00005
11. Povlishock J.T., Katz D.I. Update of neuropathology and neurological recovery after traumatic brain injury. *J Head Trauma Rehabil* 2005;20(1):76–94. DOI: 10.1097/00001199-200501000-00008
12. Chesnut R.M., Marshall L.F., Klauber M.R. et al. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *J Trauma* 1993;34(2):216–22. DOI: 10.1097/00005373-199302000-00006
13. Huber-Wagner S., Lefering R., Qvick L.M. et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009;373(9673):1455–61. DOI: 10.1016/S0140-6736(09)60232-4
14. American College of Surgeons Committee on Trauma. *Advanced Trauma Life Support (ATLS®): Student Course Manual*. 10<sup>th</sup> ed. Chicago: ACS, 2018.
15. Ahn H., Singh J., Nathens A. et al. Pre-hospital care management of a potential spinal cord injured patient: a systematic review. *J Neurotrauma* 2011;28(8):1341–60. DOI: 10.1089/neu.2009.1168
16. Williams D.H., Levin H.S., Eisenberg H.M. Mild head injury classification. *Neurosurgery* 1990;27(3):422–8. DOI: 10.1097/00006123-199009000-00014
17. Bombardier C.H., Fann J.R., Temkin N.R. et al. Rates of major depressive disorder and clinical outcomes following traumatic brain injury. *JAMA* 2010;303(19):1938–45. DOI: 10.1001/jama.2010.599
18. Van Middendorp J.J., Hosman A.J.F., Pouw M.H. et al. ASIA impairment scale conversion in traumatic spinal cord injury: is it related with the ability to walk? *Spine* 2009;34(17):E618–23. DOI: 10.1038/sc.2008.162

### Вклад авторов | Authors' contributions

Е.В. Чечухин: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи;  
А.А. Гринь: разработка дизайна исследования, анализ полученных данных, редактирование текста рукописи;  
А.Э. Талыпов: анализ полученных данных, статистическая обработка, редактирование текста рукописи;  
А.Ю. Кордонский: получение данных для анализа, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных;  
В.В. Белопасов: обзор публикаций по теме статьи, научное редактирование рукописи.  
E.V. Chechukhin: developing the research design, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing;  
A.A. Grin: developing the research design, analysis of the obtained data, article editing;  
A.E. Talypov: analysis of the obtained data, statistical processing, article editing;  
A.Yu. Kordonskiy: obtaining data for analysis, reviewing of publications of the article's theme, analysis of the obtained data;  
V.V. Belopasov: reviewing of publications of the article's theme, article scientific editing.

### ORCID авторов | ORCID of authors

Е.В. Чечухин / E.V. Chechukhin: <https://orcid.org/0000-0003-4171-2795>  
А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>  
А.Э. Талыпов / A.E. Talypov: <https://orcid.org/0000-0002-6789-8164>  
А.Ю. Кордонский / A.Yu. Kordonskiy: <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>  
В.В. Белопасов / V.V. Belopasov: <https://orcid.org/0000-0003-0458-0703>

Конфликт интересов | [Conflict of interest](#)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

Финансирование | [Funding](#)

Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
The study was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики | [Compliance with patient rights and principles of bioethics](#)

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы» и ГБУЗ АО «Городская клиническая больница № 3 им. С.М. Кирова».  
The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department and City Clinical Hospital № 3 named after S.M. Kirov.

Статья поступила | [Article submitted](#): 21.03.2024.  
Рецензия | [Peer reviewed](#): 15.04.2024.  
Принята к публикации | [Accepted for publication](#): 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | [Published online](#): 11.06.2026.

# Результаты хирургического лечения неспецифических спондилитов и спондилодисцитов

## Контакты:

Алексей Вячеславович  
Сытник  
[auroh666@mail.ru](mailto:auroh666@mail.ru)

А. В. Сытник<sup>1,2</sup>, А. А. Гринь<sup>3,4</sup>, Г. Ю. Евзиков<sup>2</sup>, В. Н. Оболенский<sup>4,5</sup>, А. Ю. Кордонский<sup>3</sup>,  
С. А. Рожанский<sup>1</sup>, А. С. Силуянова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ МО «Красногорская клиническая больница»; Россия, 143408 Красногорск, ул. Карбышева, 4;

<sup>2</sup>ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); Россия, 119048 Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2;

<sup>3</sup>ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

<sup>4</sup>ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117997 Москва, ул. Островитянова, 1;

<sup>5</sup>ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В. П. Демикова Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 115280 Москва, ул. Велозаводская, 1/1

**Введение.** В настоящее время отсутствует единый алгоритм хирургического лечения пациентов, страдающих неспецифическими спондилитами и спондилодисцитами.

**Цель исследования** – оценить результаты хирургического лечения неспецифических спондилитов и спондилодисцитов, а также выявить факторы риска неблагоприятного исхода у пациентов на момент выписки из стационара.

**Материалы и методы.** В исследование включены 80 пациентов, оперированных в период с 01.02.2018 по 31.08.2024 в отделениях нейрохирургии и гнойной хирургии Городской клинической больницы № 13 (ныне – Городская клиническая больница им. В. П. Демикова), со спондилодисцитами и спондилитами различной этиологии.

**Результаты.** Отличные результаты (больной полностью активен – 80–100 баллов по шкале Карновского) получены у 38 (48 %) пациентов, умеренная инвалидизация (больной способен себя обслуживать – 50–70 баллов по шкале Карновского) имела место у 21 (26 %) пациента, глубокая инвалидизация (не способен себя обслуживать, требуется уход – 10–40 баллов по шкале Карновского) – у 12 (15 %). Послеоперационная летальность составила 11 % (9 пациентов). Достоверная зависимость исхода лечения была от уровня лейкоцитов и С-реактивного белка только до операции и на 6-е сутки после нее.

**Заключение.** Факторами, достоверно влияющими на исход лечения пациентов с неспецифическим спондилитом и спондилодисцитом, являются уровень лейкоцитов, С-реактивного белка до операции и на 6-е сутки после нее, выполнение первичной фиксации позвоночника (при наличии показаний), наличие неврологического дефицита.

**Ключевые слова:** спондилодисцит, спондилит, пролонгированная местная антибактериальная терапия, метод локального отрицательного давления

**Для цитирования:** Сытник А. В., Гринь А. А., Евзиков Г. Ю. и др. Результаты хирургического лечения неспецифических спондилитов и спондилодисцитов. Нейрохирургия 2026;28(2):26–38.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-26-38>

## Surgical treatment results in patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis

A. V. Sytnik<sup>1,2</sup>, A. A. Grin<sup>3,4</sup>, G. Yu. Evzikov<sup>2</sup>, V. N. Obolenskiy<sup>4,5</sup>, A. Yu. Kordonskiy<sup>3</sup>, S. A. Rozhanskiy<sup>1</sup>, A. S. Siluyanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Krasnogorsk Clinical Hospital; 4 Karbysheva St., Krasnogorsk 143408, Russia;

<sup>2</sup>Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Build. 2, 8 Trubetskaya St., Moscow 119048, Russia;

<sup>3</sup>Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090, Russia;

<sup>4</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117997, Russia;

<sup>5</sup>V.P. Demikhov City Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department; 1/1 Velozavodskaya St., Moscow 115280, Russia

Contacts: Aleksey Vyacheslavovich Sytnik [auroh666@mail.ru](mailto:auroh666@mail.ru)

**Background.** Currently, there is no common algorithm for the surgical treatment of patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis.

**Aim.** To evaluate the surgical treatment results in patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis and to identify the risk factors for an unfavorable outcome at patients' discharge.

**Materials and methods.** Our study included 80 patients operated on between February 1, 2018, and August 31, 2024, in the neurosurgical and purulent surgery departments of City Clinical Hospital No. 13 (now – V.P. Demikhov City Clinical Hospital) because of spondylodiscitis and spondylitis of various etiologies.

**Results.** The excellent results (patients are fully active – 80–100 points according to Karnofsky performance status (KPS) scale) were achieved in 38 (48 %) patients, moderate disability (patients are able to care for themselves – 50–70 points according to KPS scale) was observed in 21 (26 %) patients, and severe disability (patients are unable to care for themselves, requiring care – 10–40 points according to KPS scale) was observed in 12 (15 %) patients. Postoperative mortality was 11 % (9 patients). The significant correlation between treatment outcome and leukocyte and C-reactive protein levels was observed only before surgery and on the sixth postoperative day.

**Conclusion.** The significant risk factors influencing the treatment outcome in patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis include the following: leukocyte level, C-reactive protein level before surgery and on the sixth postoperative day, primary spinal fixation (if indicated), and neurological deficit.

**Keywords:** spondylodiscitis, spondylitis, prolonged local antibacterial therapy, local negative pressure technique (vacuum method)

**For citation:** Sytnik A.V., Grin A.A., Evzikov G.Yu. et al. Surgical treatment results in patients with nonspecific spondylitis and spondylodiscitis. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):26–38.

DOI:<https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-26-38>

## ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в России по поводу спондилодисцитов и различных первичных воспалительных заболеваний позвоночника (ПВЗП) в нейрохирургических отделениях оперируют около 1600 пациентов. На 100 тыс. населения приходится 1,4 операции в год [1]. В последние 3 года отмечено увеличение числа пациентов с ПВЗП и, как следствие, количества операций [2, 3].

Лечение пациентов данной группы очень дорогостоящий и длительный процесс. По данным N. Dietz и соавт., общая стоимость всех этапов лечения пациента с воспалительными заболеваниями позвоночника достигала 85 тыс. долларов США [4]. Стертость клинической картины, которую очень часто принимают за обострение остеохондроза, приводит к тому, что срок установления диагноза может достигать 1 года и более. Из-за несвоевременной диагностики пациенты попадают к профильному специалисту в различные периоды заболевания (чаще от 1 нед до 6 мес), что очень усложняет выбор тактики лечения.

В настоящий момент тактика лечения пациентов с ПВЗП в нашей стране строится на основании принятого Российской ассоциацией травматологов-ортопедов рекомендательного протокола ведения больных с воспалительным поражением позвоночника (2024) [5]. Отсутствует единый алгоритм лечения с четкой периодизацией и тактикой. Существуют общепризнанные показания к хирургическому лечению пациентов с ПВЗП, которые не вызывают сомнений, например экстренная декомпрессия при наличии эпидуральных абсцессов, вызывающих неврологический дефицит,

и наличие выраженной костной деструкции и нестабильности. Общепринятой утилитарной международной классификации в настоящий момент не существует. Классификация E. Pola и соавт. на сегодня является наиболее удачной и широко внедренной в клиническую практику [6]. Однако результаты проведенных исследований показывают разноречивые данные по ее валидации и уровню согласия между разными хирургами [7, 8]. Длительность консервативной терапии также является предметом дискуссии. Не определена роль нейрохирурга и гнойного хирурга в лечении данной патологии, которая относится к обеим специальностям. Мы считаем, что комбинация опыта нейрохирургов и гнойных хирургов может существенно улучшить результаты лечения пациентов со спондилодисцитами.

Такие понятия, как многоэтапность и открытое ведение раны, не являются рутинными в нейрохирургии. Вместе с тем применение методов локального отрицательного давления в хирургии позвоночника при инфекционных осложнениях показало свою эффективность [9]. Пролонгированная местная антибактериальная терапия также давно и успешно используется в гнойной хирургии.

В настоящей работе мы представляем наш предварительный опыт хирургического лечения пациентов с ПВЗП совместно с врачами отделения гнойной хирургии. В ходе нашей совместной работы сформулированы рекомендации по лечению пациентов с данной патологией, однако они требуют дальнейшего изучения и подтверждения своей эффективности в исследованиях с более высоким уровнем доказательности.

**Цель исследования** — оценить результаты хирургического лечения неспецифических спондилитов и спондилитов, а также выявить факторы риска неблагоприятного исхода у пациентов на момент выписки из стационара.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Данная работа является когортным ретроспективным одноцентровым исследованием.

### Отбор пациентов

В исследование включены пациенты, получившие лечение в период с 01.02.2018 по 31.08.2024 в отделениях нейрохирургии и гнойной хирургии Городской клинической больницы № 13 (ныне — Городская клиническая больница им. В.П. Демикова), со спондилитами и спондилитами различной этиологии. Критерии включения: возраст пациентов более 18 лет; диагностированный спондилит или спондилит; неспецифическая этиология воспаления. Критерии исключения: консервативная терапия в качестве единственного метода лечения; крайне тяжелое состояние пациента.

### Методы обследования

При анализе данных медицинских карт обращали внимание на следующие параметры. Лабораторные исследования — общий анализ крови (уровень лейкоцитов) и биохимическое исследование крови (уровень С-реактивного белка) до операции, в 1, 3 и 6-е сутки после нее; анализ крови на стерильность; микробиологическое исследование интраоперационно забранного отделяемого из раны. Неврологический статус в динамике оценивали по шкале JOA (Japanese Orthopaedic Association, Японская ортопедическая ассоциация) [10]. Оценивали данные компьютерных (КТ) и магнитно-резонансных (МРТ) томографий до операции и после нее. По данным дооперационных КТ определяли наличие костной деструкции и патологического кифоза. В 1-е сутки после операции всем пациентам выполняли КТ, оценивали корректность установки металлофиксаторов, а также объем костной резекции. МРТ до операции позволяла выявить основные направления распространения гнойного процесса (эпидуральное пространство, пояснично-подвздошные мышцы и дорсальные паравертебральные мышцы). Послеоперационный МРТ-контроль показывал радикальность дренирования абсцессов и позволял определить дальнейшую тактику лечения.

После проведенного обследования в целях выбора тактики лечения и оценки степени тяжести поражения всех пациентов распределяли по классификации E. Pola [6].

### Методы хирургического лечения

Показаниями к оперативному лечению были:

- наличие острого неврологического дефицита;

- наличие паравертебрального абсцесса объемом более 5 мл;
- наличие костной деструкции с развитием нестабильности в позвоночно-двигательном сегменте и кифотической деформации, а также выраженная аксиальная боль;
- неэффективность консервативной терапии в течение 14 дней.

В зависимости от преследуемой цели все хирургические вмешательства были разделены на 3 типа: 1-й тип — санация гнойного очага (удаление гноя, некрэктомия), 2-й тип — внеочаговая фиксация нестабильного позвоночно-двигательного сегмента, 3-й тип — комбинация фиксации и санации.

Санацию гнойного очага выполняли одним из трех методов: 1) из заднего парамедианного доступа с выполнением ламинэктомии и последующим вскрытием межпозвонкового диска; 2) вентрально из забрюшинного или трансторакального доступа со вскрытием паравертебральных абсцессов и межпозвонкового диска; 3) транскutánная классическая (в треугольнике Камбина) на поясничном уровне либо транскutánная транспедикулярная на грудном уровне (рис. 1) пункция межпозвонкового диска с оставлением катетера в полости диска.

Второй тип вмешательств (внеочаговая фиксация) выполняли в случаях наличия нестабильности и/или деформации и при отсутствии гнойных затеков, нуждающихся в санации. Применяли открытые и перкутантные методы стабилизации.

Третий тип вмешательств (комбинация фиксации и санации) был направлен на устранение обеих составляющих поражения: гнойного очага и нестабильности. При поражении шейного отдела позвоночника с наличием деструкции, деформации и гнойных затеков использовался передний цервикальный монодоступ для выполнения некрэктомии и резекции пораженных позвонков с декомпрессией нервных структур. Завершалось вмешательство выполнением спондилодеза аутокостью с фиксацией титановой пластиной. В случае поражения грудного или поясничного отдела комбинированное вмешательство выполнялось, как правило, из двух доступов за одну сессию.

Во всех случаях удаления патологических очагов материал направляли на микробиологическое исследование и определение чувствительности к антибиотикам.

### Оценка результатов лечения

Результаты оценивали по шкале Карновского на момент выписки пациента из стационара [11]: отличные результаты (больной полностью активен, вернулся к прежней жизни, как до заболевания, — 80–100 баллов по шкале Карновского), умеренная инвалидизация (пациент способен сам себя обслуживать — 50–70 баллов



Рис. 1 | Fig. 1

Компьютерные томограммы в области грудного отдела позвоночника в сагиттальной, коронарной и аксиальной проекциях. Стрелками отмечен ход катетера, который под рентгеновским контролем был установлен в полость диска транскутанно, по методике Сельдингера, с помощью иглы Джамшиди через верхний край ножки позвонка в целях санации гнойного содержимого (далее транскутанная транспедикулярная пункция межпозвонкового диска)

Computed tomography scans of the thoracic spine in the sagittal, coronal, and axial projections. Arrows indicate the path of the catheter, which was inserted into the disc cavity transcutaneously under X-ray control according to Seldinger technique, using a Jamshidi needle through the upper edge of the vertebral pedicle for the purpose of debridement of purulent contents [hereinafter referred to as transcutaneous transpedicular puncture of the intervertebral disc]

по шкале Карновского), глубокая инвалидизация (пациент не способен себя обслуживать, требуется уход – 10–40 баллов по шкале Карновского), летальный исход – 0 баллов. Также фиксировали периоперационные осложнения.

#### Статистический анализ

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программы Statistica StatSoft Inc., v.10.0. Нормальность распределения данных определяли с помощью теста Шапиро–Уилка. Сравнение непрерывных данных между группами проводили с использованием непарного критерия Манна–Уитни (U-тест). Сравнение категориальных и дихотомических признаков между группами проводили с помощью  $\chi^2$ -теста или двустороннего точного критерия Фишера (F-тест). Проверку статистических гипотез выполняли при критическом уровне значимости  $p = 0,05$ .

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

В период с 01.02.2018 по 31.08.2024 в отделениях нейрохирургии и гнойной хирургии Городской клинической больницы № 13 находились на лечении 136 пациентов со спондилодисцитами и спондилитами различной этиологии. После применения соответствующих критериев в исследование были включены 80 больных. Общая характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Все пациенты по данным лабораторных исследований имели активное воспаление (табл. 2).

После проведенного обследования выявлено, что у большинства пациентов степень тяжести поражения по классификации E. Pola соответствовала V3 и C2 (табл. 3).

Сроки оперативного лечения зависели от тяжести состояния пациентов, срока развития неврологического дефицита, размеров и наличия паравертебральных абсцессов. У большинства пациентов ( $n = 55$ ) неврологического дефицита при поступлении не было; из данной группы в 1-е сутки оперированы 11 пациентов, во 2–7-е сутки – 31, позднее 7 сут – 13. Неврологический дефицит имели 25 пациентов, среди которых в 1-е сутки оперированы 10 пациентов, во 2–7-е сутки – 8 пациентов, позднее 7 сут – 7. Таким образом, в 1-е сутки от госпитализации оперирован 21 (26,3 %) пациент, на 2–7-е сутки – 39 (48,7 %), позднее 7 сут – 20 (25 %) пациентов.

Среди 25 пациентов с неврологическим дефицитом 10 (47 %) были оперированы в экстренном порядке и имели неврологический дефицит различной степени: 8 – остро развившиеся двигательные нарушения, 2 – не купируемый болевой синдром вследствие компрессии корешков. Остальные 15 пациентов с неврологическим дефицитом оперированы отсроченно (табл. 4). Три пациента имели корешковый синдром, купируемый ненаркотическими анальгетиками, оперированы позднее 7 сут нахождения в стационаре в связи с отсутствием эффекта от курса антибактериальной терапии. Два пациента с нижним парапарезом оперированы на 2-е и 3-и сутки соответственно в связи с проведением дообследования и предоперационной подготовкой. Четыре пациента с осложненным спондилодисцитом на шейном уровне оперированы на 3-и сутки в связи с тяжелым септическим состоянием, потребовавшим стабилизации в реанимационном отделении. Шесть пациентов оперированы позднее 7 сут в связи с развитием

Таблица 1 | Table 1

Общая характеристика пациентов, включенных в исследование  
General characteristics of patients included in the study

Показатель Parameter	Значение Value
<b>Демографические данные</b> Demographic data	
Всего пациентов, <i>n</i> (%) Total patients, <i>n</i> (%)	80 (100)
Средний возраст (диапазон), лет Mean age (min-max), years	60 (35–80)
Пол, <i>n</i> (%): Sex, <i>n</i> (%): мужской male женский female	48 (60) 32 (40)
<b>Этиологические факторы</b> Etiological factors	
Перелом позвоночника, <i>n</i> (%) Spinal fracture, <i>n</i> (%)	10 (13)
Инфекция кожи и мягких тканей, <i>n</i> (%) Skin and soft tissue infection, <i>n</i> (%)	11 (14)
Хирургическое лечение диабетической стопы, <i>n</i> (%) Diabetic foot surgery, <i>n</i> (%)	4 (5)
Абдоминальные операции, <i>n</i> (%) Abdominal surgery, <i>n</i> (%)	7 (9)
Пневмония, <i>n</i> (%) Pneumonia, <i>n</i> (%)	3 (4)
Периимплантная инфекция (импланты другой локализации), <i>n</i> (%) Peri-implant infection (implants in other locations), <i>n</i> (%)	2 (3)
Наркомания, <i>n</i> (%) Drug addiction, <i>n</i> (%)	2 (3)
Онкология, <i>n</i> (%) Oncology, <i>n</i> (%)	3 (1)
COVID-19, <i>n</i> (%)	1 (4)
Хроническая мочевиная инфекция, <i>n</i> (%) Chronic urinary tract infection, <i>n</i> (%)	2 (3)
Этиологический фактор не выявлен, <i>n</i> (%) No etiologic factor identified, <i>n</i> (%)	35 (44)
<b>Тип воспаления</b> Type of inflammation	
Спондилит, <i>n</i> (%) Spondylitis, <i>n</i> (%)	10 (12,5)
Спондилодисцит + паравертебральный/псоас-абсцесс, <i>n</i> (%) Spondylodiscitis + paravertebral/psaos abscess, <i>n</i> (%)	9 (11,25)
Спондилодисцит + эпидурит/эпидуральный абсцесс, <i>n</i> (%) Spondylodiscitis + epiduritis/epidural abscess, <i>n</i> (%)	24 (30)

Спондилодисцит + паравертебральный/псоас-абсцесс + эпидурит/эпидуральный абсцесс, <i>n</i> (%) Spondylodiscitis + paravertebral/psaos abscess + epiduritis/epidural abscess, <i>n</i> (%)	20 (25)
Спондилодисцит, <i>n</i> (%) Spondylodiscitis, <i>n</i> (%)	17 (21,25)
<b>Клинические проявления при поступлении</b> Clinical sign at admission	
Аксиальная боль, <i>n</i> (%) Axial pain, <i>n</i> (%)	55 (69)
Неврологический дефицит, <i>n</i> (%) Neurological deficit, <i>n</i> (%)	25 (31)
Лихорадка, <i>n</i> (%) Fever, <i>n</i> (%)	34 (42,5)
Уровень поражения, <i>n</i> (%): Damage level, <i>n</i> (%): шейный cervical грудной thoracic поясничный lumbar многоуровневый multilevel	8 (10) 21 (26) 48 (60) 3 (4)
Среднее число койко-дней Average number of hospital days	39,6
Срок обнаружения (диапазон), дни Time of disease detection, mean (min-max), days	56 (3–180)
Наличие костной деструкции, <i>n</i> (%) Presence of bone destruction, <i>n</i> (%)	61 (76)

острого неврологического дефицита на фоне консервативного лечения, проводимого в стационаре.

Общая характеристика выполненных вмешательств представлена в табл. 5.

Санацию гнойного очага из забрюшинного доступа выполняли совместно с гнойным хирургом. После вскрытия паравертебральных абсцессов и санации полости диска совместно принималось решение о виде закрытия раны. Решение о тампонировании раны салфетками было принято у 29 пациентов и основано на таких критериях, как жизнеспособность тканей, надежность гемостаза, полнота санации гнойного очага; в дальнейшем рану ушивали наводящими швами. Таким пациентам изначально планировалась установка вакуум-ассистированной повязки (активное дренирование) в отсроченном периоде в целях ускорения заживления раны, а также санации эпидурального пространства. Первичная установка вакуум-ассистированных повязок не использовалась в связи с невозможностью надежного гемостаза в забрюшинном пространстве и высоким риском кровопотери. У 45 пациентов рану ушивали наглухо с оставлением пассивного силиконового дренажа, который выводили через

Таблица 2 | Table 2

Лабораторные показатели пациентов, включенных в исследование  
Laboratory parameters of patients included in the study

Показатель Parameter	До операции Before surgery	1-и сутки 1 <sup>st</sup> day	3-и сутки 3 <sup>rd</sup> day	6-е сутки 6 <sup>th</sup> day
Уровень С-реактивного белка, медиана, мг/л C-reactive protein level, median, mg/l	144,4	112	117	57
Уровень лейкоцитов, медиана, × 10 <sup>9</sup> White blood cell level, median, × 10 <sup>9</sup>	11,4	11,3	10,3	9,1
Уровень гемоглобина, медиана, г/л Hemoglobin level, median, g/l	110,2	97	98	95

Таблица 3 | Table 3

Распределение пациентов по классификации E. Pola  
Distribution of patients according to the E. Pola classification

Модификатор подтипа Subtype modifier	Тип А Type A	Тип В Type B	Тип С Type C
1	0	1	2
2	0	8	19
3	2	21	11
4	7	0	9
<i>Всего</i> <i>Total</i>	9	30	41

Таблица 4 | Table 4

Сроки оперативного вмешательства у пациентов с неврологическим дефицитом  
Timing of surgical intervention in patients with neurological deficit

Срок оперативного вмешательства Timing of surgical intervention	Число пациентов Number of patients
1-е сутки 1 <sup>st</sup> day	10
2-7-е сутки 2 <sup>nd</sup> -7 <sup>th</sup> day	8
Позднее 7 сут After the 7 <sup>th</sup> day	7

контрапертуру. Шести пациентам рану ушивали наглухо без какого-либо дренирования.

Вне зависимости от вида закрытия раны 20 пациентам в рану укладывали коллагеновую губку, импрегнированную антибиотиком, в целях пролонгированной локальной антибактериальной терапии. Достоверного влияния использования коллагеновой губки, импрегнированной антибиотиком, на результат лечения в сроки пребывания в стационаре не выявлено, однако это может быть предметом дальнейшего исследования.

Таблица 5 | Table 5

Характеристика хирургических вмешательств  
Characteristics of surgical interventions

Характеристика Characteristic	n (%)
Вид операции: Type of operation: фиксация fixation фиксация и санация fixation and sanitation санация sanitation	6 (7,5) 51 (63,75) 23 (28,75)
Вид закрытия раны после операции: Type of wound closure after surgery: тампонирование салфетками и активное дренирование packing with draps and active drainage ушивание и дренирование suturing and drainage ушивание наглухо sealing	29 (36,2) 45 (56,3) 6 (7,5)
Ранние послеоперационные осложнения: Early postoperative complications: нагноение раны wound supuration рецидив/прогрессирование спондилодисцита relapse/progression of spondylodiscitis	7 (8,75) 6 (7,5)

При оценке ранних послеоперационных осложнений у 7 пациентов наблюдали нагноение раны. Из них 6 пациентам санацию выполняли из первоначального заднего доступа, что потребовало установки вакуум-ассистированных повязок для ускорения заживления раны. У седьмой пациентки с нагноением раны был спондилодисцит на шейном уровне. Пациентке выполнили ревизию раны с установкой приточно-промывной системы. Повторного нагноения не отмечено.

Кроме того, у 6 пациентов диагностирован рецидив/прогрессирование спондилодисцита. При этом у 2 пациентов прогрессирование произошло во время текущей госпитализации на 11 ± 3-й день, а у 4 — после

выписки в сроки 4–7 нед. Первые 2 пациента, которым первичная санация проводилась из заднего доступа, оперированы в эту же госпитализацию из забрюшинного доступа. Остальные 4 пациента с отдаленным возникновением рецидива спондилодисцита были повторно госпитализированы для этапных хирургических вмешательств. У всех достигнут хороший продолжительный эффект.

Наиболее частым возбудителем по данным микробиологического исследования интраоперационного материала и микробиологического исследования был метициллин-чувствительный стафилококк (табл. 6).

Таблица 6 | Table 6

Характеристика возбудителя заболевания  
Characteristics of the pathogenic agent of the disease

Характеристика Characteristic	n (%)
<b>Возбудитель Pathogen</b>	
MSSA	26 [32,5]
MRSA	3 [3,7]
<i>Enterococcus</i> spp.	1 [2,5]
<i>Streptococcus</i> spp.	1 [2,5]
<i>Escherichia coli</i>	3 [7,5]
<i>Klebsiella</i> spp.	2 [3,5]
Альфа-гемолитический стрептококк Alpha-hemolytic streptococcus	1 [1,7]
<i>Salmonella enteritidis</i>	1 [1,7]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1 [1,7]
Нет роста No growth	29 [50]
<b>Положительная гемокультура (n = 19 [23,7 %]) Positive blood culture (n = 19 [23,7 %])</b>	
MSSA	13 [68]
MRSA	4 [21]
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2 [11]

Примечание. MSSA – метициллин-чувствительные стафилококки; MRSA – метициллин-резистентный стафилококк.  
Note. MSSA – methicillin-sensitive staphylococci; MRSA – methicillin-resistant staphylococci.

### Результаты лечения

Отличные результаты получены у 38 (48 %) пациентов, умеренная инвалидизация имела место у 21 (26 %) пациента, глубокая инвалидизация – у 12 (15 %). Послеоперационная летальность составила 11 % (9 пациентов).

При проведении статистического анализа достоверного влияния пола, возраста, срока обнаружения, вида воспалительного процесса, уровня поражения на исход не выявлено (U-тест, F-тест,  $p > 0,05$ ).

Анализ лабораторных данных до операции, на 1, 3 и 6-е сутки после нее показал, что статистически значимая зависимость исхода лечения была от уровней лейкоцитов и С-реактивного белка только до операции и на 6-е сутки после нее (табл. 7).

Таблица 7 | Table 7

Статистически значимые факторы, влияющие на исход  
Statistically significant risk factors influencing the outcome

Фактор риска Risk factor	Значение Value	p (U-тест Манна-Уитни) p [Mann-Whitney U-test]
Лейкоцитоз до операции Leukocytosis before surgery	13,8 × 10 <sup>9</sup> /л 13.8 × 10 <sup>9</sup> /L	0,009
Уровень С-реактивного белка до операции C-reactive protein level before surgery	267 мг/л 267 mg/L	0,004
Лейкоцитоз на 6-е сутки Leukocytosis on 6 <sup>th</sup> postoperative day	10,6 × 10 <sup>9</sup> /л 10.6 × 10 <sup>9</sup> /L	0,002
Уровень С-реактивного белка на 6-е сутки C-reactive protein level on 6 <sup>th</sup> postoperative day	135 мг/л 135 mg/L	0,0007

Выявлено, что в группе пациентов с уровнем лейкоцитов в крови 13,8 × 10<sup>9</sup>/л и более, уровнем С-реактивного белка 267 мг/л и более до операции регистрировали достоверно большую летальность – 29 % в сравнении с 6,6 % в общей группе. Также было отмечено влияние на летальность лейкоцитоза и уровня С-реактивного белка в сыворотке крови на 6-е сутки после операции: летальность у пациентов, у которых на 6-е сутки после операции было количество лейкоцитов 10,6 × 10<sup>9</sup>/л и более, уровень С-реактивного белка 135 мг/л и более, составила 26,6 и 42,8 %, а у пациентов, имеющих количество лейкоцитов и уровень С-реактивного белка в крови ниже пороговых значений, – 7,2 и 9,3 % соответственно.

При анализе соответствия выявленных пороговых значений количества лейкоцитов и С-реактивного белка до операции влияния на развитие ранних послеоперационных осложнений не выявлено. Напротив, пороговые значения воспалительных маркеров на 6-е сутки имели достоверное влияние на развитие рецидива воспаления и нагноения раны. Значения С-реактивного белка более 135 мг/л сопровождалась рецидивом у 14,2 %, а нагноением у 28,5 % пациентов, менее 135 мг/л – у 4,6 и 6,2 % пациентов соответственно.

При уровне лейкоцитов 10,6 × 10<sup>9</sup>/л и более также чаще наблюдали рецидив воспаления и нагноения

послеоперационной раны – в 13,3 и 26,6 % случаев соответственно. В группе со значениями меньше пороговых рецидив наблюдали у 7,2 % пациентов, нагноение – у 5,4 %.

Первичная фиксация позвоночника вне зависимости от параметров костной деструкции имела влияние на исход заболевания: исходы лечения были достоверно лучше у пациентов, которым выполняли первичную фиксацию (F-тест,  $p = 0,0003$ ): всем пациентам, которые впоследствии умерли, и 45 % пациентов группы глубокой инвалидизации первичная фиксация не выполнялась, несмотря на ее необходимость, по причине крайне тяжелого и/или септического состояния.

Неврологический дефицит также статистически значимо влиял на исход заболевания. Пациенты без неврологического дефицита статистически значимо чаще имели отличный результат и умеренную инвалидизацию (F-тест,  $p = 0,01$ ). Из 25 пациентов с неврологическим дефицитом до операции летальный исход зафиксирован у 6 (24 %), а глубокая инвалидизация имела место у 7 (28 %), что достоверно влияло на исход заболевания (F-тест,  $p = 0,003$ ). При оценке динамики неврологического статуса выявлено, что у 8 (32 %) пациентов наблюдали полное восстановление, у 6 (24 %) – частичное восстановление, 8 (32 %) пациентов были без динамики, 3 (12 %) имели отрицательную динамику.

Сопутствующую патологию наблюдали у 41 (51,24 %) пациента, однако при статистическом анализе ее влияния на исход лечения не выявлено.

Длительность госпитализации в среднем составила  $39 \pm 15$  сут. Все пациенты были выписаны на амбулаторное лечение при стойком снижении маркеров воспаления, разрешении неврологического дефицита, уменьшении аксиального болевого синдрома, отсутствии гипертермии. Продолжительность антибактериальной терапии на госпитальном и амбулаторном этапах в среднем составила  $56 \pm 13$  сут. Антибактериальные препараты отменяли после 2-недельной нормализации показателей лейкоцитов крови и С-реактивного белка, а также полного регресса признаков воспаления по данным МРТ. Через 2 нед после отмены антибиотиков проводили контрольный анализ крови для исключения рецидива воспаления.

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

**Пациент Л., 40 лет,** заболел остро 09.02.2021, когда на фоне повышения температуры тела до  $39^\circ\text{C}$  отметил появление выраженной боли в спине с иррадиацией в правую ногу. Бригадой скорой медицинской помощи пациент был госпитализирован в отделение гнойной хирургии Городской клинической больницы № 13.

При поступлении состояние тяжелое, температура тела  $39,5^\circ\text{C}$ , дыхание самостоятельное, частота дыхательных движений – 18 в минуту, артериальное давление 130/80 мм рт. ст., пульс – 88 в минуту. Жалобы

на выраженную боль в поясничном отделе позвоночника в покое и при движении. Неврологический статус: уровень бодрствования – ясное сознание, 15 баллов по шкале комы Глазго. Зрачки  $D=S$ , фотореакции живые. Двигательных и чувствительных расстройств нет. При лабораторных исследованиях выявлено увеличение числа лейкоцитов до  $12,5 \times 10^9/\text{л}$ , преимущественно за счет нейтрофилов (90 %). Уровень С-реактивного белка – 62 мг/л, гемоглобина – 143 г/л, общего белка – 64 г/л, гематокрит – 36,6 %. При МРТ поясничного отдела позвоночника выявлен гнойный спондилит на уровне позвонков L3–L4 с формированием паравертебрального абсцесса в правой поясничной мышце (рис. 2); по шкале E. Pola классифицирован как A4.

Учитывая отсутствие первичного источника инфекции, решено начать эмпирическую антибактериальную терапию по схеме амоксициллин/клавуланат 1200 мг 3 раза в сутки внутривенно, а также провести хирургическое лечение в объеме внеочаговой фиксации позвоночника, вскрытия и дренирования абсцесса с последующим вторичным заживлением раны и выполнением отсроченного спондилита аутокоствью.

**Этап 1.** Пациенту выполнена малоинвазивная транскutánная транспедикулярная фиксация L2–L5 в положении на животе, после чего пациент перевернут набок, выполнены правосторонний забрюшинный доступ на уровне L3–L4, вскрытие псоас-абсцесса и гнойного спондилита L3–L4, тотальный кюретаж межпозвонкового диска до «красной росы», некрэктомия, тампонада салфетками из забрюшинного доступа (рис. 3). После операции пациент переведен в отделение реанимации для гнойно-септических больных.

**Этап 2.** Через 2 дня после вскрытия абсцессов выполнена вторичная хирургическая обработка раны под внутривенным наркозом. Салфетки удалены: ткани дряблые, с участками некроза. Принято решение об установке вакуум-ассистированной повязки в целях окончательной санации инфекционного процесса (рис. 4).

По данным микробиологического исследования интраоперационного материала выявлен *Staphylococcus aureus* 108 (MSSA), чувствительный к основным группам антибактериальных препаратов. Антибактериальная терапия продолжена по прежней схеме. К 6-м суткам после операции отмечено снижение уровня лейкоцитов до нормальных значений, уровня С-реактивного белка – до 6,6 г/л. При контрольной МРТ – купирование инфекционного процесса (рис. 5).

**Этап 3.** На 5-е сутки после операции выполнена этапная вторичная хирургическая обработка. Вакуумная повязка удалена: мягкие ткани с активными грануляциями; решено выполнить завершающий этап. Из отдельного разреза в проекции ости подвздошной кости выполнено взятие костного ауто трансплантата трехкортикальной кости. Смоделировано 2 костных импланта, которые импантированы в полость межпозвонкового диска. Поверх

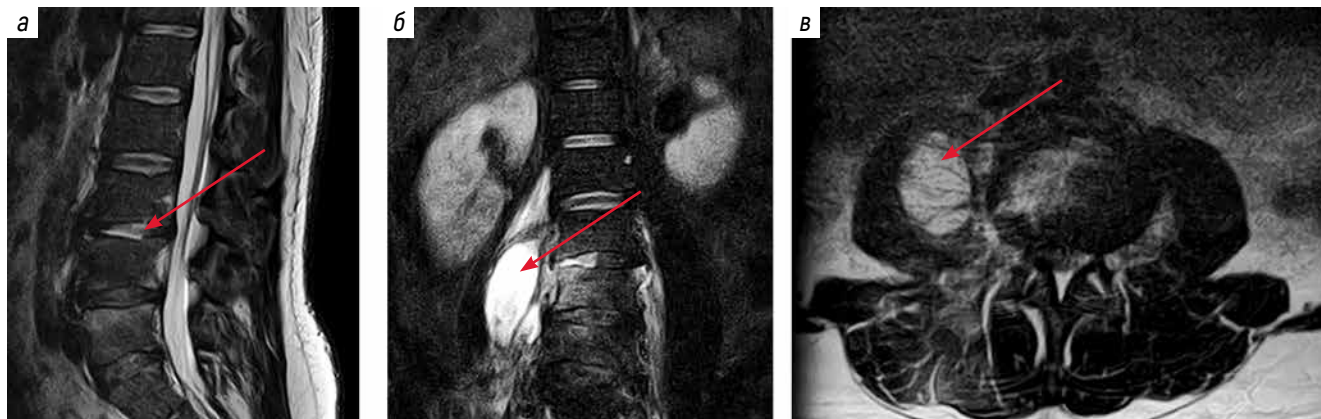


Рис. 2 | Fig. 2

Магнитно-резонансная томография пациента Л. 40 лет, режим T2: а – сагиттальная проекция: на уровне межпозвонкового диска L3–L4 зона усиления сигнала, соответствующая гиперденсному содержанию (спондилодисцит) (стрелка); б – коронарная, в – аксиальная проекции: на уровне межпозвонкового диска L3–L4 в правой поясничной мышце визуализировано гиперинтенсивное образование (той же плотности, что и содержимое прилегающего межпозвонкового диска) размерами 4 × 5 см – абсцесс правой поясничной мышцы (стрелки)

Magnetic resonance imaging of male patient L., 40 years old, T2 mode: а – sagittal projection: at the level of the intervertebral disc L3–L4 there is a zone of signal enhancement corresponding to hyperdense contents (spondylodiscitis) (arrow); б – coronal; в – axial projections: at the level of the intervertebral disc L3–L4 in the right lumbar muscle a hyperintense formation (of the same density as the contents of the adjacent intervertebral disc) measuring 4 × 5 cm is visualized – an abscess of the right lumbar muscle (arrows)

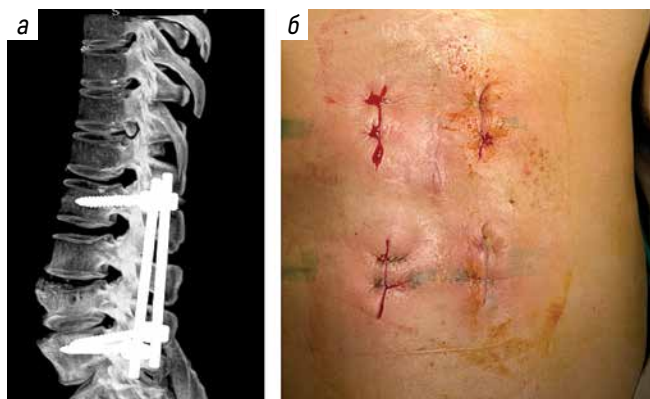


Рис. 3 | Fig. 3

Послеоперационный контроль: а – компьютерная томография, 3D-реконструкция транспедикулярной системы; б – интраоперационная фотография  
Postoperative control: а – computed tomography, 3D reconstruction of the transpedicular system; б – intraoperative image

имплантов уложена коллагеновая губка, импрегнированная гентамицином, после чего рана послойно ушита. При контрольной КТ видно плотное заполнение пространства межпозвонкового диска костным ауто трансплантатом (рис. 6).

После окончательного этапа пациент активизирован, болевой синдром полностью регрессировал.

На 16-е сутки пациент выписан на амбулаторное лечение в удовлетворительном состоянии без неврологического дефицита. На момент выписки в общем анализе крови: лейкоциты –  $8,9 \times 10^9/\text{л}$ , нейтрофилы – 73 %, С-реактивный белок в пределах нормы. На амбулаторном этапе продолжена антибактериальная терапия линезолидом 600 мг 2 раза в сутки (2 нед).



Рис. 4 | Fig. 4

Интраоперационная фотография установленной вакуум-ассистированной повязки  
Intraoperative image of the placed vacuum-assisted dressing

При контрольных анализах крови после 4-недельного курса антибактериальной терапии (линезолид) амбулаторно без отклонений, антибактериальная терапия прекращена.

При контрольных МРТ через 2 мес и КТ через 3 мес рецидива заболевания не выявлено, раны зажили (рис. 7–9). Катамнез через 6 мес: без рецидива и осложнений.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ мировой литературы показывает наличие множества исследований хирургического лечения

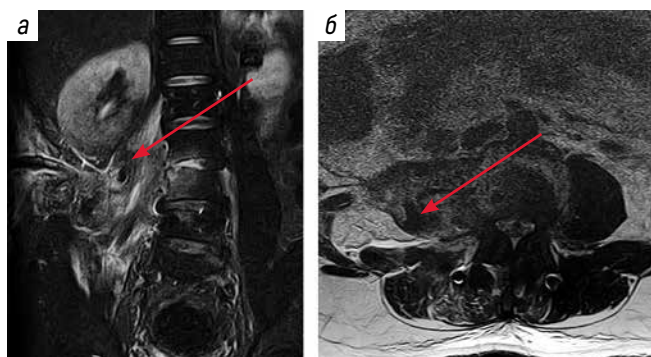


Рис. 5 | Fig. 5

Контрольная магнитно-резонансная томография пациента Л. 40 лет, режим T2: а - коронарная проекция; б - аксиальная проекция. На уровне межпозвоночного диска L3-L4 незначительная инфильтрация поясничной мышцы, абсцесс удален полностью (стрелки)

Control magnetic resonance imaging of male patient L., 40 years old, T2 mode: а - coronal projection; б - axial projection. At the level of the intervertebral disc L3-L4, there is minor infiltration of the lumbar muscle, the abscess was completely removed (arrows)

спондилитов и спондилодисцитов, однако уровень доказательности данных исследований очень низкий.

Отсутствуют проспективные исследования с высоким уровнем доказательности, которые позволили бы врачам, сталкивающимся с такими заболеваниями, оценить факторы риска неблагоприятного исхода перед операцией и выбрать оптимальную тактику лечения. Так, Y. Ukon и соавт. проанализировали опыт лечения пациентов с гнойными спондилодисцитами в 5 клиниках Японии в период с 2013 по 2017 г. Проанализированы данные 19 056 пациентов, которым выполняли операции на позвоночнике, из них 147 пациентов оперированы по поводу гнойных спондилодис-

цитов. Выявлено 7 статистически значимых факторов, которые влияли на исход и скорость восстановления: индекс коморбидности Карлсона, хроническая болезнь легких, сахарный диабет, грамотрицательная флора в ране, гнойный остеоартрит, высокий уровень лейкоцитов и С-реактивного белка до операции, а также низкий уровень тромбоцитов [12]. В нашем исследовании наличие сопутствующего заболевания статистически значимо не влияло на исход заболевания.

W. Guo и соавт. на примере хирургического лечения 76 пациентов показали, что раннее хирургическое вмешательство с использованием костного ауто-трансплантата трехкортикальной кости статистически значимо улучшает исходы заболевания и влияет на скорость восстановления [13]. Проведенное нами исследование не показало статистически значимого влияния сроков оперативного лечения на исход заболевания. Процентное соотношение пациентов, лечение которых завершилось развитием глубокой инвалидизации и летальным исходом, было равным в группе пациентов, оперированных как в 1-е сутки госпитализации, так и в более поздние сроки.

B. P. Roßbach и соавт. в серии из 135 пациентов продемонстрировали, что наличие эпидурального абсцесса у пациентов со спондилодисцитом, осложненного развитием неврологического дефицита, является достоверным фактором риска неблагоприятного исхода [14]. Наличие неврологического дефицита в нашем исследовании также статистически значимо влияло на исход заболевания. Неблагоприятные исходы лечения, такие как глубокая инвалидизация и летальный исход, у пациентов с неврологическим дефицитом наблюдали в 52 % случаев (F-тест,  $p = 0,003$ ).

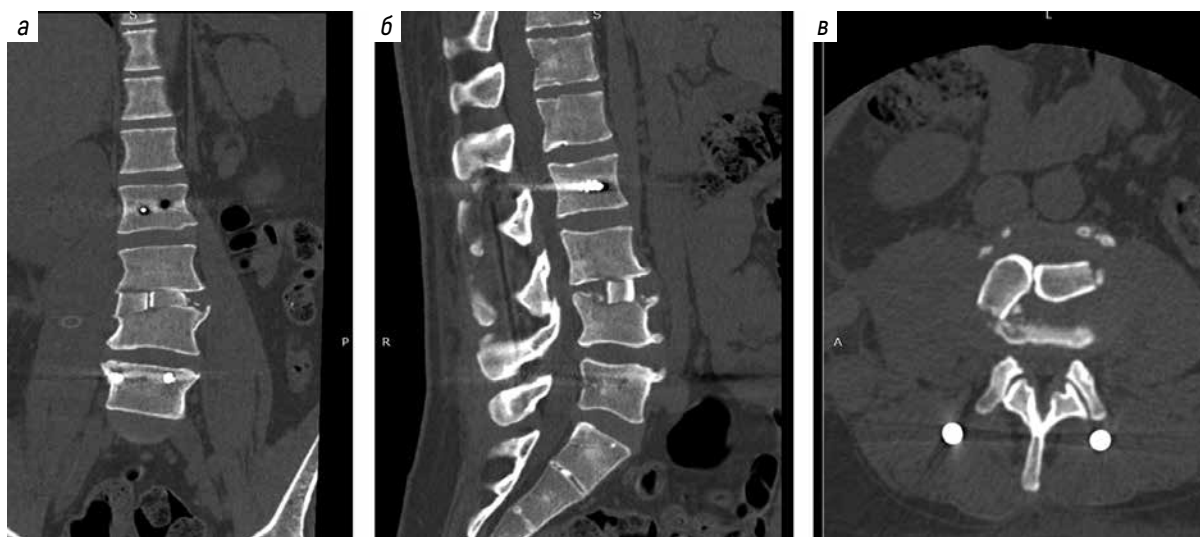


Рис. 6 | Fig. 6

Послеоперационный контроль. Компьютерная томография пациента Л. 40 лет, коронарная (а), сагиттальная (б) и аксиальная (в) проекции

Postoperative control. Computed tomography of male patient L., 40 years old, coronal (a), sagittal (b) and axial (c) projections

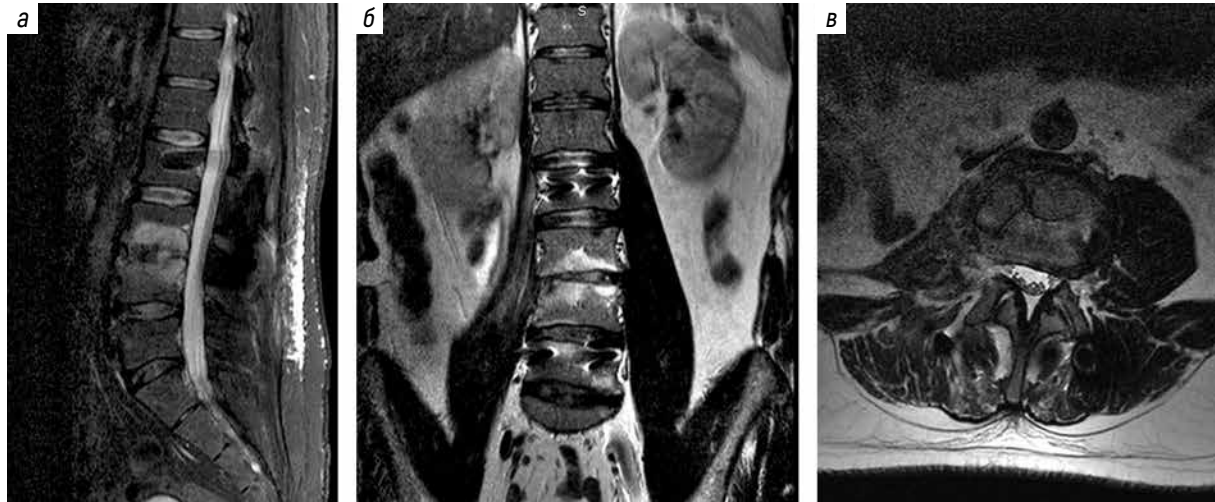


Рис. 7 | Fig. 7

Послеоперационный контроль. Магнитно-резонансная томография пациента Л. 40 лет через 2 мес после выписки, сагиттальная (а), коронарная (б) и аксиальная (в) проекции: отсутствие рецидива заболевания, активное формирование костной мозоли в области установленной аутокости

Postoperative follow-up. Magnetic resonance imaging of male patient L., 40 years old, 2 months after discharge, sagittal (a), coronal (b) and axial (a) projections: no recurrence of the disease, active formation of bone callus in the area of the placed autogenous bone

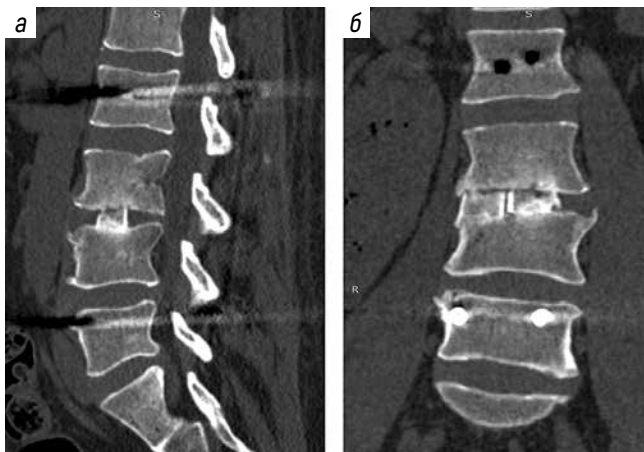


Рис. 8 | Fig. 8

Послеоперационный контроль. Компьютерная томография пациента Л. 40 лет через 3 мес после выписки, сагиттальная (а), коронарная (б) проекции: формирующийся костный дез

Postoperative control. Computed tomography of male patient L., 40 years old, 3 months after discharge, sagittal (a), coronal (b) projections: forming bone fusion

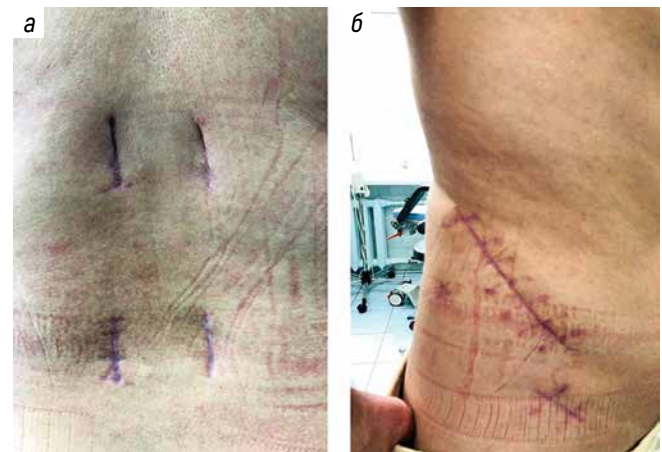


Рис. 9 | Fig. 9

Фотографии послеоперационных рубцов через 3 мес после выписки: а - в поясничной области; б - в правой боковой области

Images of postoperative scars 3 months after discharge: a - in the lumbar region; b - in the right lateral region

N. Dietz и соавт. проанализировали американскую базу данных страховых платежей, а также связанные с ними данные о стационарном и амбулаторном лечении пациентов с кодом Международной классификации болезней инфекции позвоночника за 2001–2015 гг. Всего выявлено 2662 пациента; декомпрессия без фиксации выполнена 2086 пациентам, с фиксацией – 576. Число пациентов с сахарным диабетом в процентном отношении было равным. Повторные операции потребовались 12,7 % пациентов без фиксации против 8,1 % пациентов с фиксацией. Осложнения в первые 30 дней

наблюдали у 24,6 % больных без фиксации и только у 16,4 % – с фиксацией. Повторные госпитализации потребовались на 12 % больше пациентам без фиксации. Рецидив заболевания наблюдали у 11,2 % пациентов без фиксации и у 3,9 % пациентов со спондилодезом. Затраты на лечение пациентов без выполнения фиксации были в 1,5 раза больше, чем на пациентов с фиксацией [4].

Пролонгированная местная антибактериальная терапия много лет используется в гнойной остеологии и зарекомендовала себя как надежный метод локального

контроля инфекции [15, 16]. У. Хiao и соавт. сравнили результаты формирования костного сращения у пациентов, оперированных по поводу спондилитов с использованием носителей, содержащих гентамицин и ванкомицин. Пациенты оперированы на всех отделах позвоночника. Статистически значимых различий в частоте развития костного блока не было ( $p > 0,05$ ). В группе с использованием гентамицина за срок наблюдения костный блок сформировался в 92 % случаев, в группе с использованием ванкомицина – в 80 %. Рецидивов воспаления не наблюдали [17].

В отечественной литературе также описано применение аллокастного материала при лечении неспецифического спондилита грудного и поясничного отделов позвоночника. Это указывает на сохраняющуюся актуальность вопроса выбора материала для межтелового спондилодеза и реконструкции передней и средней опорных колонн [18].

В настоящем исследовании также была предпринята попытка оценить факторы риска, влияющие на неблагоприятный исход лечения пациентов с неспецифическим спондилитом/спондилитом. Ограничениями данного исследования являются его моноцентровой характер, ретроспективный набор пациентов, отсутствие длительного катмнеза и, как след-

ствие, возможности оценить реальные затраты на лечение пациентов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ результатов хирургического лечения пациентов с неспецифическими спондилитами и спондилитами позволил выявить факторы, достоверно влияющие на благоприятный исход заболевания: лейкоцитоз до операции менее  $13,8 \times 10^9/\text{л}$ , лейкоцитоз на 6-е сутки после операции менее  $10,6 \times 10^9/\text{л}$ , уровень С-реактивного белка до операции менее 267 мг/л и на 6-е сутки после нее менее 135 мг/л, выполнение первичной фиксации позвоночника (при наличии показаний), а также отсутствие неврологического дефицита.

Комбинация опыта нейрохирургов в лечении патологии позвоночника и гнойных хирургов в лечении гнойно-воспалительных процессов является перспективным направлением в терапии данной патологии. Выявленными предикторами положительного исхода заболевания являются ранняя первичная фиксация позвоночника, этапность лечения гнойного очага, использование методов локального отрицательного давления и локальной пролонгированной антибактериальной терапии.

## Литература | References

1. Крылов В.В., Коновалов А.Н., Дашьян В.Г. и др. Состояние нейрохирургической службы Российской Федерации. *Нейрохирургия* 2016;(3):3–44.  
Krylov V.V., Konovalov A.N., Dashyan V.G. et al. The current state of neurosurgery in Russian Federation. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2016;(3):3–44. (In Russ.).
2. Kramer A., Thavarajasingam S.G., Neuhoﬀ J. et al. Management of severe pyogenic spinal infections: the 2SICK study by the EANS spine section. *Spine J* 2025;25(5):876–85.  
DOI: 10.1016/j.spinee.2024.12.018
3. Issa K., Diebo B.G., Faloony M. et al. The epidemiology of vertebral osteomyelitis in the United States from 1998 to 2013. *Clin Spine Surg* 2018;31(2):E102–8. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000597
4. Dietz N., Sharma M., Alhourani A. et al. Outcomes of decompression and fusion for treatment of spinal infection. *Neurosurg Focus* 2019;46(1):E7.  
DOI: 10.3171/2018.10.FOCUS18460
5. Воспалительные поражения позвоночника: МКБ-10: A18.0, A23, B67.2, B67.6, M46.1, M46.2, M46.3, M46.4, M46.5, M46.8, M46.9, M49.0, M49.2, M49.3, M86.3, Y83.8, Y83.9: клинические рекомендации. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Ассоциация травматологов-ортопедов России. М., 2024. 51 с. Доступно по: [https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/831\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/831_1)  
Inflammatory lesions of the spine: ICD 10: A18.0, A23, B67.2, B67.6, M46.1, M46.2, M46.3, M46.4, M46.5, M46.8, M46.9, M49.0, M49.2, M49.3, M86.3, Y83.8, Y83.9: clinical guidelines. Ministry of Health of the Russian Federation, Association of Traumatologists and Orthopedists of Russia. Moscow, 2024. 51 p. Available at: [https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/831\\_1](https://cr.minzdrav.gov.ru/preview-cr/831_1)
6. Pola E., Autore G., Formica V.M. et al. New classification for the treatment of pyogenic spondylodiscitis: validation study on a population of 250 patients with a follow-up of 2 years. *Eur Spine J* 2017; 26(Suppl 4):479–88. DOI: 10.1007/s00586-017-5043-5
7. Базаров А.Ю., Наумов Д.Г., Мушкин А.Ю. и др. Новая классификация спондилитов: возможности валидации и мультидисциплинарного межэкспертного консенсуса. *Хирургия позвоночника* 2022;19(4):68–76.  
Bazarov A.Yu., Naumov D.G., Mushkin A.Yu. et al. New classification of spondylodiscitis: possibilities of validation and multidisciplinary inter-expert consensus. *Khirurgiya pozvonochnika = Spinal Surgery* 2022;19(4):68–76. (In Russ.).
8. Willhuber G.C., Guiryoy A., Zamorano J. et al. Independent reliability analysis of a new classification for pyogenic spondylodiscitis. *Global Spine J* 2021;11(5):669–73.  
DOI: 10.1177/2192568220919091
9. Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А. и др. Применение вакуумных систем при ранней имплант-ассоциированной инфекции, развившейся после декомпрессивно-стабилизирующих операций при поясничном спинальном стенозе. *Хирургия позвоночника* 2021;18(3):53–60.  
DOI: 10.14531/ss2021.3.53-60  
Shapovalov V.K., Basankin I.V., Afaunov A.A. et al. Use of vacuum systems in early implant-associated infection that developed after decompression and stabilization surgeries for lumbar spinal stenosis. *Khirurgiya pozvonochnika = Spinal Surgery* 2021;18(3):53–60. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2021.3.53-60
10. Japanese Orthopaedic Association. Japanese Orthopaedic Association scoring system for cervical spondylotic myelopathy (In Japanese). *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 1976;50:18–9.

11. Karnofsky D.A., Burchenal J.H. In: Evaluation of chemotherapeutic agents. Ed.: C.M. MacLeod. New York: Columbia University Press, 1949. The clinical evaluation of chemotherapeutic agents in cancer. Pp. 191–205.
12. Ukon Y., Takenaka S., Makino T. et al. Preoperative risk factors affecting outcome in surgically treated pyogenic spondylodiscitis. *Global Spine J* 2023;13(8):2201–9. DOI: 10.1177/21925682221077918
13. Guo W., Wang M., Chen G. et al. Early surgery with antibiotic medication was effective and efficient in treating pyogenic spondylodiscitis. *Skelet Disord* 2021;22(1):288. DOI: 10.1186/s12891-021-04155-2
14. Roßbach B.P., Niethammer T.R., Paulus A.P. et al. Surgical treatment of patients with spondylodiscitis and neurological deficits caused by spinal epidural abscess (SEA) is a predictor of clinical outcome. *J Spinal Disord Tech* 2014;27(7):395–400. DOI: 10.1097/BSD.0000000000000030
15. Visani J., Staals E.L., Donati D. Treatment of chronic osteomyelitis with antibiotic-loaded bone void filler systems: an experience with hydroxyapatites calcium-sulfate biomaterials. *Acta Orthop Belg* 2018;84(1):25–9.
16. Thonse R., Conway J.D. Antibiotic cement-coated nails for the treatment of infected nonunions and segmental bone defects. *J Bone Joint Surg Am* 2008;90(Suppl 4):163–74. DOI: 10.2106/JBJS.H.00753
17. Xiao Y., Heck V., Hao L. et al. Local antibiotic carriers in the surgical management of pyogenic spondylodiscitis: first comparative evaluation of gentamicin-loaded *versus* vancomycin-loaded efficacy. *Orthopädie (Heidelb)* 2025;54(9):715–24. DOI: 10.1007/s00132-025-04657-0
18. Шаповалов В.К., Басанкин И.В., Афаунов А.А. и др. Применение аллокостного материала головок бедренных костей при лечении неспецифического спондилодисцита грудного и поясничного отделов позвоночника. *Хирургия позвоночника* 2026;23(1):72–81. DOI: 10.14531/ss2026.1.72-81  
Shapovalov V.K., Basankin I.V., Afaunov A.A. et al. Use of allograft femoral head material in the treatment of nonspecific spondylodiscitis of the thoracic and lumbar spine. *Khirurgiya pozvonochnika = Spinal Surgery* 2026;23(1):72–81. (In Russ.). DOI: 10.14531/ss2026.1.72-81

#### Вклад авторов | Authors' contributions

А.В. Сытник, С.А. Рожанский, А.С. Силуянова: написание текста статьи;  
А.А. Гринь: разработка дизайна исследования, редактирование статьи;  
Г.Ю. Евзиков, В.Н. Оболенский, А.Ю. Кордонский: редактирование статьи.  
A.V. Sytnik, S.A. Rozhanskiy, A.S. Siluyanov: article writing;  
A.A. Grin: developing the research design, article editing;  
G.Yu. Evzikov, V.N. Obolenskiy, A.Yu. Kordonskiy: article editing.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

А.В. Сытник / A.V. Sytnik: <https://orcid.org/0000-0001-5565-4018>  
А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>  
Г.Ю. Евзиков / G.Yu. Evzikov: <https://orcid.org/0000-0002-6715-6021>  
В.Н. Оболенский / V.N. Obolenskiy: <https://orcid.org/0000-0003-1276-5484>  
А.Ю. Кордонский / A.Yu. Kordonskiy: <https://orcid.org/0000-0001-5344-3970>  
С.А. Рожанский / S.A. Rozhanskiy: <https://orcid.org/0009-0008-7635-6747>  
А.С. Силуянова / A.S. Siluyanov: <https://orcid.org/0000-0001-7692-2472>

#### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

#### Финансирование | Funding

Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
The study was performed without external funding.

#### Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики | Compliance with patient rights and principles of bioethics

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ГБУЗ «Городская клиническая больница им. В.П. Демикова Департамента здравоохранения г. Москвы».  
Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.  
The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of V.P. Demikhov City Clinical Hospital, Moscow Healthcare Department.  
The patient gave written informed consent to the publication of his data.

Статья поступила | Article submitted: 04.06.2024.  
Рецензия | Peer reviewed: 22.09.2024.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Применение эндопортальной технологии в хирургии объемных образований головного мозга

## Контакты:

Сергей Варданович  
Вераян  
[docser94@mail.ru](mailto:docser94@mail.ru)

С.В. Вераян<sup>1</sup>, А.В. Калиновский<sup>1,2</sup>, Д.А. Рзаев<sup>1-3</sup>, Е.В. Гормольсова<sup>1</sup>, О.М. Андрушкевич<sup>1,2</sup>,  
А.А. Абдилатипов<sup>1,3</sup>, Е.В. Галушко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России; Россия, 630087 Новосибирск,  
ул. Немировича-Данченко, 132/1;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия,  
630091 Новосибирск, ул. Красный пр-кт, 52;

<sup>3</sup>ФГАОУ ВО «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»; Россия,  
630090 Новосибирск, ул. Пирогова, 2

**Введение.** Тубулярные ретракторы успешно применяются в хирургии головного мозга как альтернатива классическим методам ретракции. Современные тубулярные ретракторы снижают тракционную травму головного мозга, при этом сохраняя для хирурга возможность бимануальной техники.

**Цель исследования** – анализ результатов хирургического лечения внутримозговых объемных образований с использованием тубулярного ретрактора.

**Материалы и методы.** В исследование включены 204 пациента, прооперированных по поводу глубоко расположенных опухолей головного мозга в 2015–2023 гг. с применением тубулярных ретракторов. Рассмотрены демографические данные пациентов, клинические данные до и после оперативного вмешательства, данные нейровизуализационных исследований.

**Результаты.** Объемные образования в основном были расположены интравентрикулярно (39 %), реже – в подкорковых структурах и базальных ганглиях (20,5 %). Тотальная резекция была достигнута в 81,9 % случаев. Медиана послеоперационного индекса Карновского составила 80.

**Заключение.** Применение нейроэндопортальных технологий в хирургии глубоких внутримозговых и желудочковых образований может быть рекомендовано как альтернатива привычным микрохирургическим доступам, позволяя обезопасить пациента от дополнительной хирургической травмы структур мозга по ходу хирургического доступа, уменьшить время операции, исключить дополнительные хирургические осложнения.

**Ключевые слова:** тубулярный ретрактор, внутримозговое объемное образование, тракционная травма

**Для цитирования:** Вераян С.В., Калиновский А.В., Рзаев Д.А. и др. Применение эндопортальной технологии в хирургии объемных образований головного мозга. Нейрохирургия 2026;28(2):39–48.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-39-48>

## Usage of endoport technology in surgery of cerebral mass lesions

S.V. Veranyan<sup>1</sup>, A.V. Kalinovskiy<sup>1,2</sup>, D.A. Rzaev<sup>1-3</sup>, E.V. Gormolysova<sup>1</sup>, O.M. Andrushkevich<sup>1,2</sup>, A.A. Abdilatipov<sup>1,3</sup>, E.V. Galushko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovich-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia;

<sup>2</sup>Novosibirsk State Medical University, Ministry of Health of Russia; 52 Krasny Prospekt, Novosibirsk 630091, Russia;

<sup>3</sup>Novosibirsk National Research State University; 2 Pirogova St., Novosibirsk 630090, Russia

Contacts: Sergey Vardanovich Veranyan [docser94@mail.ru](mailto:docser94@mail.ru)

**Background.** Tubular retractors are successfully used in brain surgery as an alternative to classical retraction methods. Modern tubular retractors reduce brain retraction injury while maintaining the surgeon's ability to perform bimanual surgery.

**Aim.** To analyze the results of surgical treatment of intracerebral mass lesions using the tubular retractor.

**Material and methods.** The study included 204 patients who underwent surgery for deep-seated brain tumors between 2015 and 2023 using tubular retractors. Patient demographics, pre- and post-operative clinical data, and neuroimaging data were reviewed.

**Results.** Cerebral mass lesions were mainly, located intraventricularly (39 %), with a lower incidence in subcortical structures and the basal ganglia (20.5 %). Total resection was achieved in 81.9 % of cases. The median postoperative Karnofsky performance state was 80.

**Conclusion.** The use of neuroendoport technologies in surgery for deep-seated intracerebral and intraventricular mass lesions can be recommended as an alternative to routine microsurgical approaches, allowing to protect the patient from additional brain trauma during the surgical approach as well as to reduce the operative time, and to eliminate the additional surgical complications.

**Keywords:** tubular retractor, intracerebral mass lesion, retraction injury

**For citation:** Veranyan S.V., Kalinovskiy A.V., Rzayev D.A. et al. Usage of endoport technology in surgery of cerebral mass lesions. *Neurokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):39–48.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-39-48>

## ВВЕДЕНИЕ

В хирургии глубоко расположенных опухолей головного мозга применяются различные способы ретракции. В 1981 г. I.M. Greenberg представил первый самофиксирующийся ретрактор в краниальной хирургии [1]. Традиционно для обеспечения адекватной визуализации глубоких поражений головного мозга используются металлические ретракторы. Однако применение металлических ретракторов приводит к очаговому давлению последних на прилежащие ткани и локальному ограничению кровотока из-за коллапса микрососудов головного мозга [2]. Помимо очагового давления повреждается и окружающая паренхима вследствие образования грыжи вокруг ретрактора [3]. По данным литературы, тракционная травма встречается в 5–10 % случаев и сопровождается такими осложнениями, как отек мозга и инфаркт [4]. В 1988 г. P.J. Kelly и соавт. представили первые тубулярные ретракторы как альтернативу классическим способам ретракции [5]. Тубулярные ретракторы снижают тракционную травму за счет радиального симметричного распределения давления ретрактором на окружающие мозговые структуры по ходу хирургического доступа. Также возможность бимануальной маневренности при использовании тубулярного ретрактора является огромным преимуществом по сравнению с эндоскопической методикой, применяемой в первую очередь при хирургии интравентрикулярных образований головного мозга. Тубулярные ретракторы успешно применяются для резекции глубинно расположенных опухолей головного мозга, удаления коллоидных кист, инородных тел и эвакуации внутримозговых гематом различного генеза [6].

**Цель исследования** — анализ результатов хирургического лечения внутримозговых объемных образований с использованием тубулярного ретрактора.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование были включены 204 пациента с церебральными новообразованиями различного генеза, которым было проведено оперативное вмешательство с использованием систем тубулярных ретракторов.

Оперативные вмешательства проведены в Федеральном центре нейрохирургии (г. Новосибирск) в период с 2015 по 2023 г.

Проанализированы демографические данные пациентов, клинические данные, индекс Карновского до и после вмешательства, пред- и послеоперационные данные инструментальных исследований, объем и степень резекции, объем интраоперационной кровопотери, продолжительность вмешательства, результаты гистологического исследования, послеоперационные осложнения и неврологические нарушения.

Во всех случаях выполнялась предоперационная магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга (томограф МРТ Magnetom Avanto Siemens AG, Германия, напряженность 1,5 Тл) с контрастным усилением (гадобускан). Для определения степени резекции объемного образования в послеоперационном периоде всем пациентам выполнена МРТ головного мозга с внутривенным контрастированием. Результаты были сопоставлены с данными предоперационных томографий. В зависимости от объема резекции объемного образования результаты были разделены на 4 группы: парциальное удаление (10–50 % объема), субтотальное удаление (51–90 % объема), близкое к тотальному удалению (91–99 % объема), тотальное удаление (100 % объема). Статистика и расчет показателей сформированы с помощью Microsoft Office Mondo 2016.

Во время оперативных вмешательств использовались тубулярные ретракторы ViewSite Brain Access System (Vycor Medical Inc., Boca Raton, США). Эти тубулярные ретракторы представляют собой прозрачные цилиндрические obturаторы, сами ретракторы разных длин и диаметров (рис. 1), которые обеспечивают хирургический коридор для доступа к необходимым участкам головного мозга с минимальным нарушением структуры окружающих тканей (рис. 2) [7].

## Методика применения тубулярного ретрактора

Положение пациента на операционном столе и место краниотомии определялись в зависимости от расположения объемного образования. Для фиксации



Рис. 1 | Fig. 1

Тубулярный ретрактор ViewSite Brain Access System  
Tubular retractor of ViewSite Brain Access System



Рис. 2 | Fig. 2

Интродьюсер и ретрактор  
Introducer and retractor

и позиционирования головы использовалась система фиксации черепа Mayfield. Оптимальное место для краниотомии и траектория установки ретракторной системы определялись с помощью системы нейронавигации (рис. 3).

После мини-краниотомии выполняли вскрытие твердой мозговой оболочки в проекции предполагаемого перечня. Затем с помощью нейронавигации выбирали оптимальное место для энцефалотомии и траектории транскортикального подхода к объемному образованию. Ретрактор вводили в мозговую ткань под контролем нейронавигационной системы. После достижения цели обтуратор, позволяющий провести рассечение путей белого вещества, удаляли, освобождая пространство для применения стандартной бимануальной микрохирургической техники (рис. 4).

Дальнейшее удаление опухоли проводили с помощью бимануальной техники с использованием микроскопа и микрохирургического инструментария. После удаления образования и осуществления гемостаза в его ложе извлекали ретрактор из мозгового вещества, выполняли ревизию стенок сформированной в мозговом веществе мозговой раны и, при необходимости, осуществляли гемостаз.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

С использованием тубулярного ретрактора было проведено 204 оперативных вмешательства. Средний возраст пациентов составил  $46,5 \pm 15,7$  года. У пациентов в основном преобладала общемозговая симптоматика (61 %;  $n = 125$ ) и имели место двигательные нарушения (8,3 %;  $n = 17$ ) и афатические расстройства (5,8 %;  $n = 12$ ). Оклюзионная гидроцефалия была выявлена у 28 % ( $n = 59$ ) пациентов. Установка вентрикулоперитонеального шунта до операции потребовалась

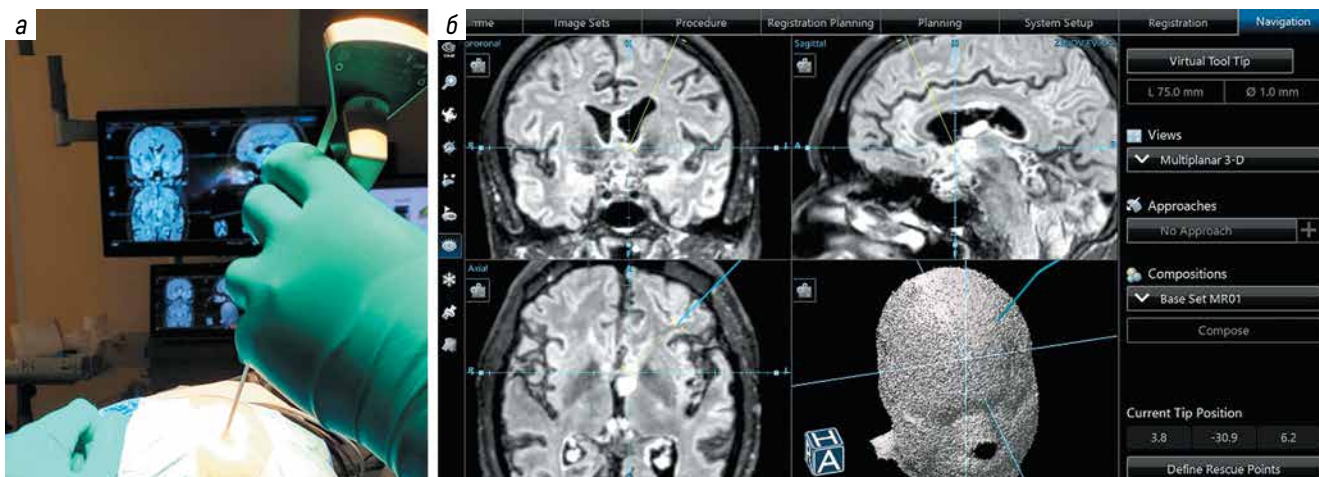


Рис. 3 | Fig. 3

Нейронавигация: а - планирование точки входа; б - система нейронавигации  
Neuronavigation: a - entry point planning; б - neuronavigation system

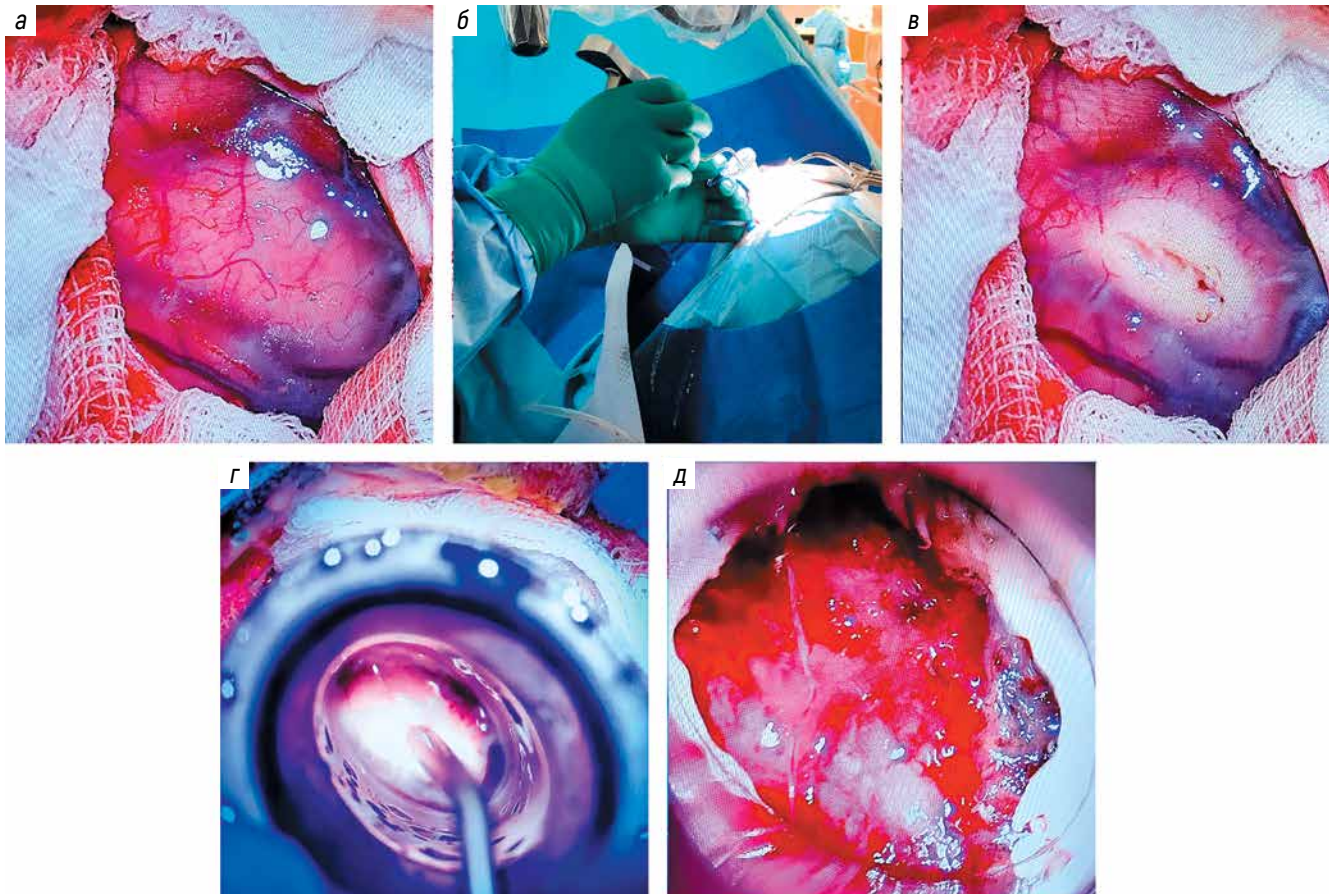


Рис. 4 | Fig. 4

Планирование краниотомии: а, б – хирургическая область и определение траектории для тубулярного ретрактора; в – энцефалотомия для транскортикального доступа; г, д – постепенное введение ретрактора и доступ к объемному образованию  
Planning of craniotomy: а, б – surgical area and determination of the trajectory for the tubular retractor; в – encephalotomy for transcortical access; г, д – gradual introduction of the retractor and access to the mass lesion

3 пациентам. Медиана предоперационного индекса Карновского составила 70 (50–80). Средний объем поражения по данным МРТ составил  $32,4 \pm 41,6$  см<sup>3</sup> (табл. 1).

Новообразования преимущественно были расположены интравентрикулярно (39 %;  $n = 80$ ), реже – в подкорковых структурах и базальных ганглиях (20,5 %;  $n = 41$ ), в височной доле (7,8 %;  $n = 16$ ) (рис. 5).

Наиболее распространенными гистологически верифицированными опухолями были глиобластома (31,2 %;  $n = 64$ ), метастазы (13,6 %;  $n = 28$ ) и коллоидные кисты (10,7 %;  $n = 22$ ) (рис. 6).

Интраоперационная установка временного наружного вентрикулярного дренажа после удаления внутрижелудочковых опухолей головного мозга в целях профилактики ликвородинамических нарушений потребовалась 51 пациенту. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила  $127,7 \pm 63,2$  мин. Объем кровопотери составил в среднем 209,6 мл (медиана 100 мл).

Радикальность оценивали по данным послеоперационной МРТ головного мозга с контрастированием, выполнявшейся через 48 ч после операции. Тотальное удаление образований (отсутствие остаточного объема опухоли по данным контрольной МРТ) достигнуто в 81,9 % ( $n = 168$ ) случаев, удаление, близкое к тотальному (остаточный объем опухоли не более 9 % от первоначального), – в 11,7 % ( $n = 24$ ). В 12 (5,8 %) случаях тубулярный ретрактор применялся для верификации гистологического диагноза опухоли – было выполнено частичное удаление опухоли/биопсия. Медиана послеоперационного индекса Карновского составила 80 (30–90).

У 3 пациентов в послеоперационном периоде развилось острое нарушение мозгового кровообращения по ишемическому типу, что было связано с коагуляцией артериальных сосудов во время удаления глубоких опухолей. У 3 пациентов после оперативного вмешательства развился менингит с дальнейшим регрессом на момент выписки на фоне антибактериальной

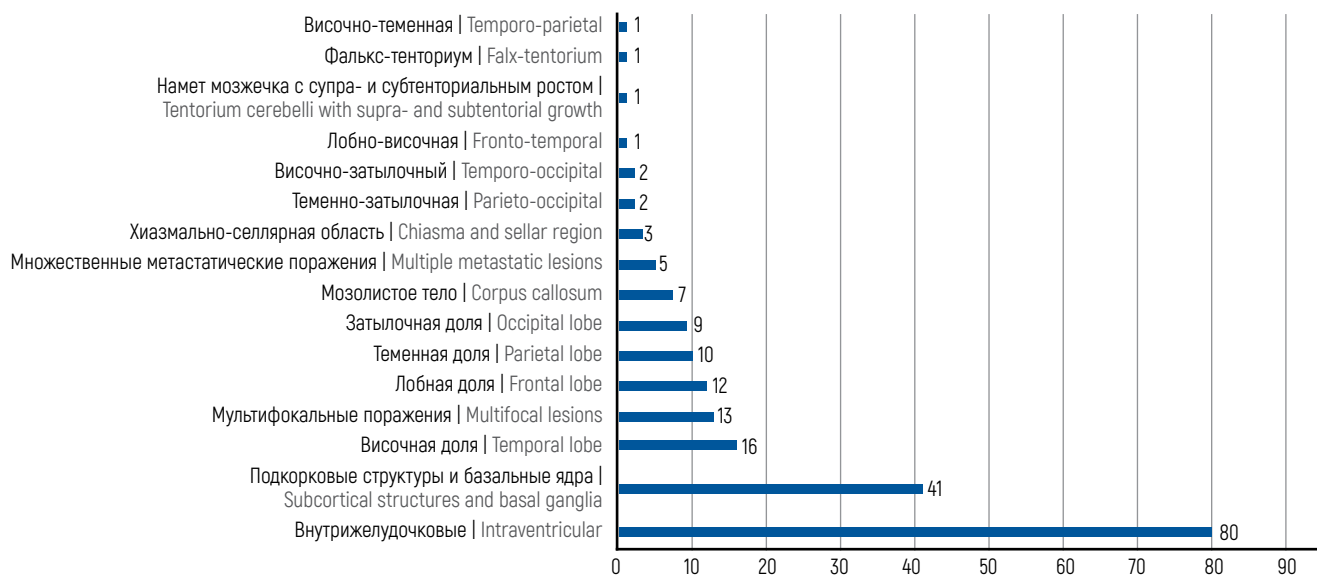


Рис. 5 | Fig. 5

Локализация опухоли, n  
Tumor localization, n



Рис. 6 | Fig. 6

Гистологическая верификация новообразований, n  
Histological verification of neoplasms, n

терапии. Оклюзионная гидроцефалия возникла у 1 пациента вследствие развития порэнцефалической кисты; через 4 мес после резекции было выполнено оперативное вмешательство в объеме эндоскопической фенестрации стенок кисты. Послеоперационные неврологические нарушения были обусловлены расположением и распространением объемного образования в область соседних структур головного мозга (табл. 2).

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

**Женщина, 58 лет, госпитализирована в отделение нейроонкологии Федерального центра нейрохирургии с жалобами на нарушение речи, слабость в правых конечностях. В анамнезе: в течение нескольких месяцев отмечала головные боли, слабость, утомляемость. После возникновения генерализованного приступа судорог с потерей сознания госпитализирована в неврологический стационар. Проведена МРТ головного мозга**

Таблица 1 | Table 1

Предоперационные данные пациентов (n = 204)  
Preoperative data of patients (n = 204)

Показатель Parameter	Значение Value
Пол, n (%): Sex, n (%): мужской males женский females	112 (54,5) 92 (45,4)
Средний возраст, лет Average age, years	46,5 ± 15,7
Медиана предоперационного индекса Карновского (диапазон) Median preoperative Karnofsky performance status (range)	70 (50–80)
Предоперационные симптомы и дефициты, n (%): Preoperative symptoms and deficits, n (%): общемозговая симптоматика general cerebral symptoms двигательные нарушения movement disorders афатические расстройства aphasic disorders зрительные нарушения visual impairments	125 (61) 17 (8,3) 12 (5,8) 5 (2,4)
Гидроцефалия, n (%) Hydrocephalus, n (%)	59 (29)
Вентрикулоперитонеальный шунт, n Ventriculoperitoneal shunt, n	3
Объем поражения, см <sup>3</sup> Volume of mass lesion, cm <sup>3</sup>	32,4 ± 41,6

с контрастным усилением, по данным которой выявлено объемное образование левого таламуса размерами 48 × 35 × 30 мм, окруженное выраженным перифокальным отеком, интенсивно накапливающее контрастное вещество. Поперечная дислокация срединных мозговых структур вправо 4 мм (рис. 7).

Проведено оперативное вмешательство — краниотомия в теменно-затылочной области слева, микрохирургическое удаление объемного образования левого таламуса с применением нейронавигации, нейрофизиологического мониторинга и тубулярного ретрактора. По данным МРТ головного мозга с контрастированием объемное образование удалено тотально (рис. 8).

В послеоперационном периоде у пациентки отмечался регресс общемозговой симптоматики. Выписана на 7-й день после госпитализации.

Проведено патологоанатомическое исследование биопсийного (операционного) материала (иммуногистохимическое и генетическое исследования), по данным которого верифицирована глиобластома, IDH-wildtype, Grade 4.

Таблица 2 | Table 2

Послеоперационные неврологические осложнения при различной локализации опухолей

Postoperative neurological complications according to different tumor locations

Локализация осложнений Localization of mass lesion	Осложнение Complication	n
Поражения таламуса Thalamic lesions	Афатические расстройства Aphasic disorders	6
	Гемипарез Hemiparesis	3
	Гемиплегия Hemiplegia	4
Внутрижелудочковые поражения Intraventricular lesions	Афатические расстройства Aphasic disorders	3
	Гемипарез Hemiparesis	4
	Гемиплегия Hemiplegia	3
Лобная доля Frontal lobe	Гемипарез Hemiparesis	1
	Афазия Aphasia	1
Височная доля с распространением в подкорковые структуры Temporal lobe with extension into subcortical structures	Афатические расстройства Aphasic disorders	2
	Гемипарез Hemiparesis	4
	Гемиплегия Hemiplegia	4
Затылочная доля Occipital lobe	Парез взора Gaze palsy	1
	Гемианопсия Hemianopsia	1
Теменная доля Parietal lobe	Единичный эпилептический приступ Single epileptic seizure	1
	Гемипарез Hemiparesis	1
Хиазмально-селлярная область Chiasma and sellar region	Гемианопсия Hemianopsia	2
Намет мозжечка с супра- и субтенториальным ростом Tentorium cerebelli with supra- and subtentorial growth	АкINETический мутизм Actinetic mutism	1

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

**Женщина, 41 года, госпитализирована в отделение онкологии Федерального центра нейрохирургии с жалобами на слабость и онемение в левых конечностях. Симптомы присутствовали у пациентки в течение 3 мес, прогрессивно усиливались. После консультации невролога и проведенной МРТ головного мозга с контрастированием**

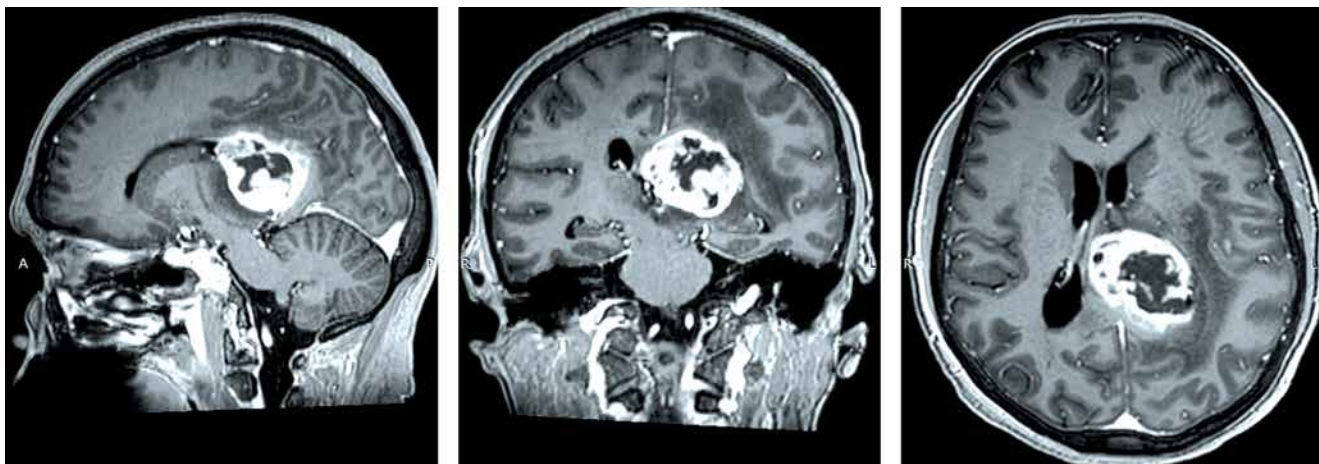


Рис. 7 | Fig. 7

Клинический случай 1. Предоперационные магнитно-резонансные томограммы (сагиттальная, коронарная, аксиальная плоскости), режим T1 с контрастированием  
Clinical case 1. Preoperative magnetic resonance imaging (sagittal, coronal, axial planes), T1 mode with contrast

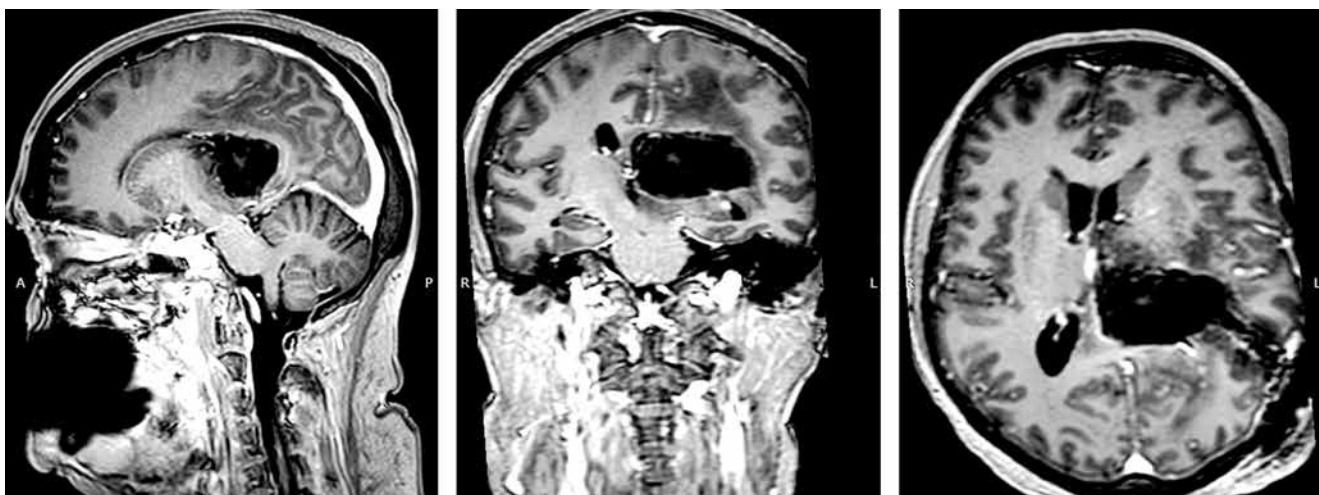


Рис. 8 | Fig. 8

Клинический случай 1. Послеоперационные магнитно-резонансные томограммы (сагиттальная, коронарная, аксиальная плоскости), режим T1 с контрастированием. Остаточная контрастируемая часть опухоли не визуализируется  
Clinical case 1. Postoperative magnetic resonance imaging (sagittal, coronal, axial planes), T1 mode with contrast. The residual contrast-enhanced portion of the tumor is not visualized

диагностировано объемное образование правого бокового желудочка размерами  $79 \times 60 \times 48$  мм, окруженное перифокальным отеком. Латеральная дислокация срединных мозговых структур влево до 13 мм (рис. 9).

Выполнено оперативное вмешательство — краниотомия в теменно-затылочной области справа, микрохирургическое удаление объемного образования заднего рога правого бокового желудочка с использованием интраоперационной навигации и тубулярного ретрактора. Объемное образование удалено тотально (рис. 10).

В послеоперационном периоде у пациентки отмечен регресс левостороннего гемипареза и общемозговой симптоматики. Выписана на 11-й день после госпитализации.

По данным иммуногистохимического исследования верифицирована атипичская менингиома, Grade 2.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Давление, которому подвергается мозговая ткань при применении традиционных систем ретракции, снижает перфузию ткани в области воздействия ретрактора и вызывает локальную ишемию. В 1992 г. R.J. Andrews и соавт. отслеживали электрическую активность у крыс, выполняя ретракцию мозга при давлении 30 мм рт. ст. в течение 10–20 мин, и заметили 50 % снижение амплитуды потенциалов, восстанавливающиеся в течение 5–20 мин после снятия ретракции.

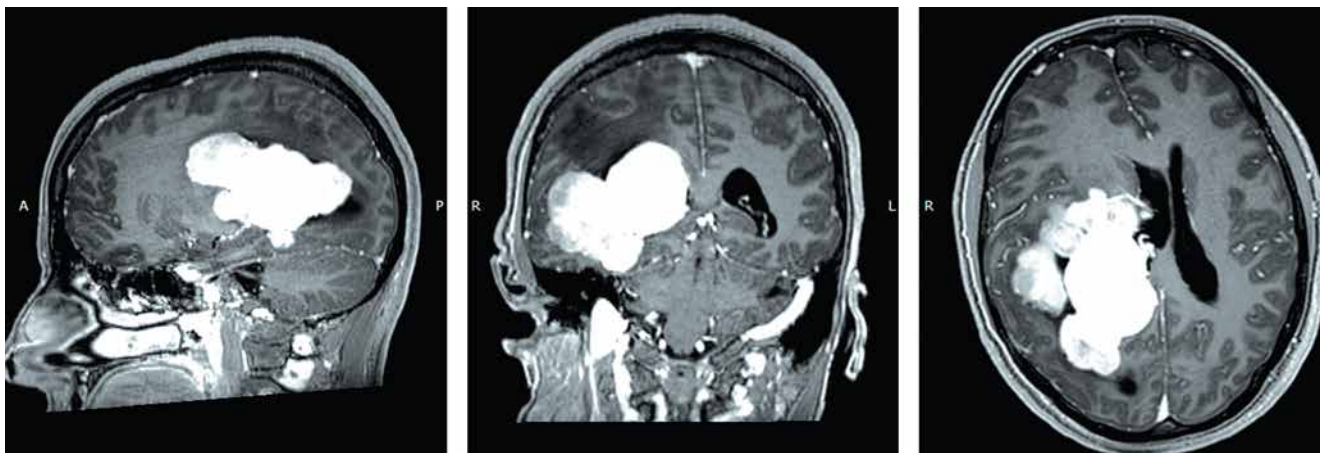


Рис. 9 | Fig. 9

Клинический случай 2. Предоперационные магнитно-резонансные томограммы (сагиттальная, коронарная, аксиальная плоскости), режим T1 с контрастированием. Внутрижелудочковая опухоль заднего рога правого бокового желудочка  
Clinical case 2. Preoperative magnetic resonance imaging (sagittal, coronal, axial planes), T1 mode with contrast. Intraventricular tumor of the posterior horn of the right lateral ventricle

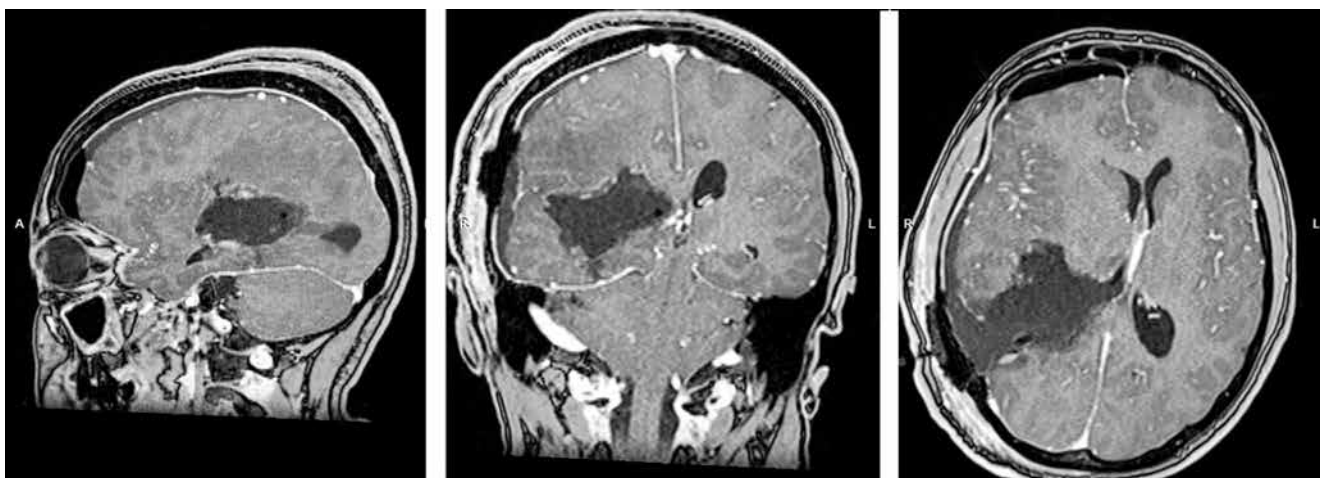


Рис. 10 | Fig. 10

Клинический случай 2. Послеоперационные магнитно-резонансные томограммы (сагиттальная, коронарная, аксиальная плоскости), режим T1 с контрастированием. Остаточная опухолевая ткань не визуализируется  
Clinical case 2. Postoperative magnetic resonance images (sagittal, coronal, axial planes), T1 mode with contrast. Residual tumor tissue is not visualized

Исследователи показали, что потеря вызванных потенциалов была связана с пониженным артериальным давлением, снижением регионального мозгового кровотока и парциального давления углекислого газа в артериальном русле [3]. Другие интраоперационные факторы, такие как гипотензия, кровопотеря и длительность операции, могут способствовать кортикальному повреждению, связанному с гипоперфузией.

В 1988 г. P.J. Kelly и соавт. описали использование цилиндрического ретрактора при глубоко расположенных поражениях головного мозга. С помощью расширителя, клиновидный конец которого способствовал продвижению цилиндрического ретрактора, удалось

аккуратно разделить волокна белого вещества для достижения подкорковых образований. P.J. Kelly и соавт. сообщили, что при удалении 123 глубоко расположенных внутричерепных поражений и 21 амигдалогиппокамп-эктомии не было осложнений в результате использования цилиндрических ретракторов у пациентов, которым выполнено оперативное вмешательство [5]. T. Nishihara и соавт. в 2000 г. описали первые прозрачные тубулярные ретракторы, которые они применяли для удаления труднодоступных паренхиматозных гематом головного мозга [8]. Впоследствии были разработаны коммерческие трубчатые ретракционные системы.

Использование тубулярных ретракторов позволяет сохранять пути белого вещества посредством постепенного расширения мозговой ткани, избегая трансекции. Преимущества тубулярных ретракторов в сочетании с мини-краниотомией обеспечивают более короткую продолжительность операции и минимизацию кровопотери [9]. В данном исследовании тотальная резекция глубинно расположенных опухолей головного мозга была достигнута в 81,9 % случаев, что соответствует данным литературы. В обзорной статье 2020 г., которая включила 29 публикаций, посвященных использованию тубулярных ретракторов, N. Echeverry и соавт. показали, что тотальная резекция суммарно была достигнута в 80,2 % случаев, а в исследовании D.G. Eichberg и соавт. с участием 113 пациентов, перенесших резекцию сосудистых поражений и объемных образований, тотальная резекция была достигнута в 82,3 % случаев [10, 11].

Е.И. Сафронова и Ю.В. Кушель показали опыт применения тубулярных ретракторов у детей. В исследовании тотальная резекция была достигнута в 100 % случаев, а при контрольных МРТ зона послеоперационного отека и ишемические нарушения были менее выражены, чем в контрольной группе, где применялись традиционные методы ретракции. Авторы показали эффективность и безопасность использования цилиндрических ретракторов в детской нейрохирургии [12]. В предоставленной в нашей работе группе пациентов, оперированных с применением тубулярных ретракторов, также отсутствовали случаи тракционного поражения головного мозга по ходу установки тракционной системы.

Тубулярные ретракторы широко применяются и при открытых биопсиях. По сравнению со стереотаксическим методом биопсии, тубулярные ретракторы обеспечивают большой объем набранного материала для обеспечения адекватного гистологического исследования. K. Gassie и соавт. и E.D. Vander и соавт. сообщили о 100 % диагностических результатах открытой биопсии по сравнению с 87 % при стереотаксических биопсиях [13, 14]. Данный факт, на наш взгляд, может расширить показания к применению тубулярных ретракторов в диагностике опухолевых поражений глубинных отделов головного мозга. В нашей группе пациентов тубулярный ретрактор использовался для уточнения гистологического диагноза посредством открытой биопсии опухолей в 12 случаях. Гистологический и молекулярно-генетический диагноз также был получен в 100 % случаев, что подтверждает высокую эффективность данной методики.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение нейроэндопортальных технологий в хирургии глубинных внутримозговых и внутрижелудочковых образований может быть рекомендовано как альтернатива привычным микрохирургическим доступам с использованием стандартных ретракционных систем. Быстрый доступ к зоне хирургических интересов, отсутствие дополнительной тракции мозгового вещества, исключение использования стандартных ретракционных систем позволяют обезопасить пациента от дополнительной хирургической травмы, уменьшить время операции, исключить дополнительные осложнения.

## Литература | References

- Greenberg I.M. Self-retaining retractor and handrest system for neurosurgery. *Neurosurgery* 1981;8(2):205–8. DOI: 10.1227/00006123-198102000-00009
- Zhong J., Dujovny M., Perlin A.R. et al. Brain retraction injury. *Neurol Res* 2003;25(8):831–8. DOI: 10.1179/016164103771953925
- Andrews R.J., Bringas J.R. A review of brain retraction and recommendations for minimizing intraoperative brain injury. *Neurosurgery* 1993;33(6):1052–63; discussion 1063–4. DOI: 10.1227/00006123-199312000-00014
- Savardekar A.R., Patra D.P., Narayan V. et al. Incidence, pathophysiology, and prevention strategies for cerebral venous complications after neurologic surgery: a systematic review of the literature. *World Neurosurg* 2018;119:294–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.06.231
- Kelly P.J., Goerss S.J., Kall B.A. The stereotaxic retractor in computer-assisted stereotaxic microsurgery. *J Neurosurg* 1988;69(2):301–6. DOI: 10.3171/jns.1988.69.2.0301
- Shapiro S.Z., Sabacinski K.A., Mansour S.A. et al. Use of Vycor tubular retractors in the management of deep brain lesions: a review of current studies. *World Neurosurg* 2020;133:283–90. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.08.217
- Valarezo-Chuchuca A. Minimally invasive surgery with tubular retractor system for deep-seated or intraventricular brain tumors: report of 13 cases and technique description. *Interdisciplinary Neurosurg* 2021;25:101260.
- Nishihara T., Teraoka A., Morita A. et al. A transparent sheath for endoscopic surgery and its application in surgical evacuation of spontaneous intracerebral hematomas. *J Neurosurg* 2000;92(6):1053–5. DOI: 10.3171/jns.2000.92.6.1053
- Gurses M.E., Gökalp E., Gecici N.N. et al. Minimally invasive resection of intracranial lesions using tubular retractors: a single surgeon series. *Clin Neurol Neurosurg* 2024;241:108304. DOI: 10.1016/j.clineuro.2024.108304
- Echeverry N., Mansour S., MacKinnon G. et al. Intracranial tubular retractor systems: a comparison and review of the literature of the BrainPath, Vycor, and METRx tubular retractors in the management of deep brain lesions. *World Neurosurg* 2020;143:134–46. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.07.131
- Eichberg D.G., Di L., Shah A.H. et al. Minimally invasive resection of intracranial lesions using tubular retractors: a large, multi-surgeon, multi-institutional series. *J Neurooncol* 2020;149(1):35–44. DOI: 10.1007/s11060-020-03500-0

12. Сафронова Е.И., Кушель Ю.В. Опыт применения тубулярных ретракторов в транскраниальной хирургии интрааксиальных опухолей головного мозга у детей. Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко 2022;86(2):15–24.  
DOI: 10.17116/neuro20228602115  
Safronova E.I., Kushel Yu.V. Experience with the use of tubular retractors in transcranial surgery of intraaxial brain tumors in children. Voprosy neyrokhirurgii imeni N.N. Burdenko = Issues of Neurosurgery named after N.N. Burdenko 2022;86(2):15–24. (In Russ.). DOI: 10.17116/neuro20228602115
13. Gassie K., Wijesekera O., Chaichana K.L. Minimally invasive tubular retractor-assisted biopsy and resection of subcortical intra-axial gliomas and other neoplasms. J Neurosurg Sci 2018;62(6):682–89.  
DOI: 10.23736/S0390-5616.18.04466-1. Epub 2018 Apr 18. PMID: 29671296.
14. Bander E.D., Jones S.H., Pisapia D. et al. Tubular brain tumor biopsy improves diagnostic yield for subcortical lesions. J Neurooncol 2019;141(1):121–9.  
DOI: 10.1007/s11060-018-03014-w

#### Вклад авторов | Authors' contributions

С.В. Вераян: разработка дизайна исследования, получение данных для анализа, анализ полученных данных, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;  
А.В. Калиновский: разработка дизайна исследования, проведение оперативных вмешательств, внесение в рукопись существенной правки с целью повышения научной ценности статьи;  
Д.А. Рзаев: научное руководство, рецензирование статьи;  
Е.В. Гормольцова, О.М. Андрушкевич, А.А. Абдилатипов, Е.В. Галушко: проведение оперативных вмешательств, обзор публикаций по теме статьи, получение данных для анализа.  
S.V. Veranyan: developing the research design, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, reviewing of publications of the article's theme, article writing;  
A.V. Kalinovskiy: developing the research design, performing surgical interventions, introducing significant revisions to the manuscript in order to increase the scientific value of the article;  
D.A. Rzaev: scientific supervision, article review;  
E.V. Gormolysova, O.M. Andrushkevich, A.A. Abdilatipov, E.V. Galushko: performing surgical interventions, reviewing of publications of the article's theme, obtaining data for analysis.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

С.В. Вераян / S.V. Veranyan: <https://orcid.org/0009-0003-5093-5445>  
А.В. Калиновский / A.V. Kalinovskiy: <https://orcid.org/0000-0001-7003-5549>  
Д.А. Рзаев / D.A. Rzaev: <https://orcid.org/0000-0002-1209-8960>  
Е.В. Гормольцова / E.V. Gormolysova: <https://orcid.org/0000-0002-7996-8449>  
О.М. Андрушкевич / O.M. Andrushkevich: <https://orcid.org/0000-0001-7297-2843>  
А.А. Абдилатипов / A.A. Abdilatipov: <https://orcid.org/0000-0001-5583-0050>  
Е.В. Галушко / E.V. Galushko: <https://orcid.org/0000-0002-6018-1398>

#### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

#### Финансирование | Funding

Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
The study was performed without external funding.

#### Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики | Compliance with patient rights and principles of bioethics

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.  
The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of Federal Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia. All patients gave written informed consent to participate in the study.

Статья поступила | Article submitted: 16.09.2025.  
Рецензия | Peer reviewed: 06.12.2025.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Менингиты в трансфеноидальной хирургии аденом гипофиза

## Контакты:

Илья Валерьевич  
Чернов  
[ichernov@nsi.ru](mailto:ichernov@nsi.ru)

О.И. Шарипов<sup>1</sup>, Н.И. Михайлов<sup>2</sup>, М.А. Кутин<sup>1</sup>, Д.В. Фомичев<sup>1</sup>, А.Н. Шкарубо<sup>1</sup>, Д.Н. Андреев<sup>1</sup>,  
И.В. Чернов<sup>1</sup>, А.А. Абдилатипов<sup>3</sup>, Л.И. Астафьева<sup>1</sup>, И.А. Воронина<sup>1</sup>, Ю.В. Струнина<sup>1</sup>, П.Л. Калинин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко»  
Минздрава России; Россия, 125047 Москва, ул. 4-я Тверская-Ямская, 16;

<sup>2</sup>Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена – филиал  
ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России;  
Россия, 125284 Москва, 2-й Боткинский пр-д, 3;

<sup>3</sup>ФГБУ «Федеральный центр нейрохирургии» Минздрава России; Россия, 630087 Новосибирск,  
ул. Немировича-Данченко, 132/1

**Введение.** Эндоскопическая эндоназальная хирургия в настоящее время – метод выбора при удалении более 95 % аденом гипофиза. Одним из наиболее распространенных осложнений этого вмешательства является внутрибольничный менингит.

**Цель исследования** – анализ структуры и факторов риска менингита у пациентов с аденомами гипофиза после трансфеноидальной операции.

**Материалы и методы.** В исследование включены 3497 пациентов с аденомами гипофиза, которым была выполнена эндоскопическая трансфеноидальная резекция опухоли. Хирургическое лечение всех пациентов проводилось в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко.

**Результаты.** Послеоперационный менингит диагностирован у 39 (1,12 %) пациентов. Среди пациентов с менингитом 6 (15 %) больных умерли. Возбудитель выявлен у 20 (51 %) из 39 пациентов. Статистически значимыми факторами развития послеоперационного менингита стали использование люмбального дренажа, ликворея (как интра-, так и послеоперационная), наличие психических расстройств (деменции и психоза), продолжительность операции более 2 ч. Среди повторно прооперированных пациентов менингит статистически чаще развивался у пациентов с интра- и послеоперационной ликвореей, а также у пациентов старше 60 лет. Выявлена статистически значимая взаимосвязь между послеоперационным менингитом и летальным исходом.

**Заключение.** Внутрибольничный менингит является одним из наиболее серьезных и потенциально смертельных осложнений эндоскопической трансфеноидальной хирургии. Интра- и послеоперационная назальная ликворея наряду с наличием люмбального дренажа и продолжительностью операции более 2 ч остаются основными факторами, влияющими на частоту развития менингита. Фактор условно чистой операционной раны, ее сообщение с ликворным пространством (при наличии дренажа или послеоперационной ликворной жидкости) не позволяют применять универсальные и неизменные схемы лечения антибактериальными препаратами, что требует дальнейшего анализа и исследований.

**Ключевые слова:** аденома гипофиза, менингит, трансфеноидальная хирургия

**Для цитирования:** Шарипов О.И., Михайлов Н.И., Кутин М.А. и др. Менингиты в трансфеноидальной хирургии аденом гипофиза. Нейрохирургия 2026;28(2):49–56.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-49-56>

## Meningitis after transsphenoidal pituitary adenoma surgery

O.I. Sharipov<sup>1</sup>, N.I. Mikhailov<sup>2</sup>, M.A. Kutin<sup>1</sup>, D.V. Fomichev<sup>1</sup>, A.N. Shkarubo<sup>1</sup>, D.N. Andreev<sup>1</sup>, I.V. Chernov<sup>1</sup>, A.A. Abdilatipov<sup>3</sup>, L.I. Astafieva<sup>1</sup>,  
I.A. Voronina<sup>1</sup>, Yu.V. Strunina<sup>1</sup>, P.L. Kalinin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia; 16 4<sup>th</sup> Tverskaya-Yamskaya St.,  
Moscow 125047, Russia;

<sup>2</sup>P.A. Herten Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Center, Ministry of Health of Russia;  
3 2<sup>nd</sup> Botkinskiy Proezd, Moscow 125284, Russia;

<sup>3</sup>Federal Neurosurgical Center, Ministry of Health of Russia; 132/1 Nemirovicha-Danchenko St., Novosibirsk 630087, Russia

Contacts: Ilya Valeryevich Chernov [ichernov@nsi.ru](mailto:ichernov@nsi.ru)

**Background.** Endoscopic endonasal surgery is currently the approach of choice for the resection of greater than 95 % of pituitary adenomas. In transnasal transsphenoidal surgery, one of the most common complications is nosocomial meningitis.

**Aim.** Analysis of the structure and causes of meningitis in patients after transnasal adenomyotomy.

**Materials and methods.** The study included 3497 patients with pituitary adenomas who underwent endoscopic transsphenoidal tumor resection. Surgical treatment of all patients was carried out at the N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery. Patients who were diagnosed with meningitis during the in-hospital the postoperative period were analyzed.

**Results.** Postoperative meningitis was diagnosed in 39 (1.12 %) patients. Among patients with meningitis, 6 (15 %) patients died. The causative pathogenic agent was identified in 20 (51 %) of 39 patients. Statistically significant risk factors for the development of postoperative meningitis in patients who underwent surgery included the usage of the lumbar drain, intra- and postoperative cerebrospinal fluid leakage, and the presence of mental disorders (dementia and psychosis). Among re-operated patients, meningitis was statistically more likely to occur in patients with intraoperative and postoperative cerebrospinal fluid leakage, as well as in patients older than 60 years old. A statistically significant relationship was observed between postoperative meningitis and death.

**Conclusion.** Nosocomial meningitis is one of the most serious and potentially fatal complications in transsphenoidal surgery. Intra- and postoperative nasal cerebrospinal fluid, along with the presence of lumbar drainage, the duration of the operation of more than 2 hours remain the main factors affecting the incidence of meningitis.

**Keywords:** pituitary adenoma, meningitis, transsphenoidal surgery

For citation: Sharipov O.I., Mikhailov N.I., Kutin M.A. et al. Meningitis after transsphenoidal pituitary adenoma surgery. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):49–56.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-49-56>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время эндоскопический эндоназальный трансфеноидальный доступ является методом выбора в хирургическом лечении более чем 95 % аденом гипофиза. Во многих исследованиях были показаны эффективность и безопасность трансфеноидальной хирургии опухолей гипофиза с низкой частотой послеоперационных осложнений и летальности [1].

С учетом того что хирургический доступ осуществляется через условно чистую полость носа, нозокомиальный менингит является одним из осложнений трансфеноидальной хирургии. Наличие менингита может приводить к увеличению продолжительности пребывания в стационаре, стоимости лечения, частоты неврологических нарушений и летальных исходов [2, 3].

**Цель исследования** — анализ структуры и факторов риска менингита у пациентов с аденомами гипофиза после трансназальной операции.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данная работа представляет собой ретроспективное одноцентровое когортное исследование, выполненное в отделении базальных опухолей НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко (Москва). В данном отделении имеется 30 коек для пациентов с опухолями основания черепа. С 2005 г. здесь активно применяется методика эндоскопического эндоназального удаления опухолей основания черепа. Около 350 аденомэктомий в год выполняется хирургами отделения базальных опухолей. В ходе исследования

были проанализированы данные всех пациентов, прооперированных по поводу аденом гипофиза в нашем центре с января 2005 г. по ноября 2016 г.

В исследование включены все больные, у которых в госпитальном послеоперационном периоде был поставлен диагноз менингита.

Критериями нозокомиального менингита являлись:

- положительный результат посева ликвора;
- или сочетание следующих факторов:
  - нейтрофильный цитоз ликвора более 500/3 мл в течение 2 и более дней подряд,
  - уровень глюкозы ликвора менее 50 % от содержания глюкозы крови,
  - увеличение лактата в ликворе более 3,8 ммоль/л.

До 2016 г. периоперационное назначение антибактериальных препаратов определялось предпочтениями хирурга и не было стандартизировано. С 2016 г. в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко введен единый протокол антибиотикопрофилактики: в день операции однократно вводится препарат широкого спектра действия внутривенно (амоксциллин + клавулановая кислота 1,2 г струйно или ванкомицин 1 г капельно в течение 40 мин при аллергии на амоксициллин + клавулановую кислоту). Пациенты с люмбальным дренажом и/или носовыми тампонами получали антибактериальные препараты (чаще амоксициллин + клавулановая кислота 1,2 г 3 раза в день) в послеоперационном периоде до момента его удаления. В послеоперационном периоде на 10–14 дней назначали

антисептики интраназально по 3–5 раз в день (бензилдиметил-миристоиламино-пропиламмоний).

Все пациенты, которые были включены в группу менингита, получали антибактериальную терапию не менее 7 дней. При выявлении патогенов и/или признаков воспаления в ликворе в настоящий момент в центре нейрохирургии существует следующий протокол лечения: незамедлительно назначается эмпирическая антибактериальная терапия (меропенем 6 г/сут и ванкомицин 2 г/сут). Коррекция антибактериальной терапии проводится с учетом антибиотикочувствительности выделенного патогена. При отсутствии идентификации патогена в ликворе продолжается эмпирическое лечение. При неэффективности эмпирической антибактериальной терапии исключается вирусная этиология инфекционного процесса или фармакорезистентного патогена с помощью полимеразной цепной реакции. Длительность терапии зависит от динамики регресса патологических изменений ликвора и снижения уровня маркеров воспалительной реакции. В большинстве случаев при высеве из ликвора грамположительного патогена лечение продолжается 14 дней, при грамотрицательных патогенах – 21 день.

Ретроспективно проанализировано 84 параметра для каждого пациента, в том числе пол, возраст, год операции и др. (табл. 1).

**Статистический анализ.** На основе компьютерной программы MS Excel 2010 была создана электронная база данных. Весь накопленный материал был стандартизирован, занесен в базу данных. Статистический анализ полученных данных выполняли с помощью языка и программной среды R (www.project.org, версия 3.4.4). Для оценки статистической значимости различий в распределениях непрерывных количественных величин использовали тест Манна–Уитни. Различия в распределениях категориальных переменных между подгруппами оценивали с помощью  $\chi^2$ -критерия Пирсона, а при малом числе наблюдений – с использованием точного критерия Фишера. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Этический комитет НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко Минздрава России одобрил исследование и предоставил статус отказа от получения согласия. В данном случае информированное согласие пациента не требовалось из-за неинтервенционного характера исследования. Характеристики, по которым потенциально можно было идентифицировать пациентов, были удалены в целях защиты конфиденциальности данных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследуемую группу вошли пациенты в возрасте от 2 до 81 года. Из них 1417 пациентов мужского пола в возрасте от 7 до 78 лет (медиана 47,26 года)

Таблица 1 | Table 1

Исходные характеристики пациентов в двух группах (с послеоперационным менингитом и без него)

Baseline characteristics in the patients of the two groups (with postoperative meningitis and without it)

Характеристика Characteristic	Пациенты с менингитом Patients with meningitis	Пациенты без менингита Patients without meningitis	<i>p</i>
Число пациентов, <i>n</i> Number of patients, <i>n</i>	39	3458	
Возраст, средний (стандартное отклонение), лет Age, mean (standard deviation), years	50,31 (14,05)	47,92 (13,47)	0,271
Мужской пол, <i>n</i> (%) Male sex, <i>n</i> (%)	17 (43,6)	1400 (40,5)	0,819
Гормональная активность, <i>n</i> (%): Hormonal activity, <i>n</i> (%):			
АКТГ + СТГ ACTH + GH	0	1 (0,0)	0,898
АКТГ ACTH	3 (7,7)	121 (3,5)	
АКТГ + ПРЛ ACTH + PRL	0	1 (0,0)	
Гонадотропин Gonadotropin	26 (66,7)	2243 (64,9)	
ПРЛ PRL	0	113 (3,3)	
СТГ GH	10 (25,6)	959 (27,7)	
СТГ + ПРЛ GH + PRL	0	11 (0,3)	
ТТГ TSH	0	7 (0,2)	
ТТГ + СТГ TSH + GH	0	2 (0,1)	
Размер опухоли, <i>n</i> (%): Tumor size, <i>n</i> (%):			
большая large	13 (33,3)	1066 (30,8)	0,198
гигантская giant	4 (10,3)	136 (3,9)	
микро micro	1 (2,6)	59 (1,7)	
средняя intermediate	21 (53,8)	2197 (63,5)	
Отсутствие летального исхода, <i>n</i> (%) Absence of lethal outcome, <i>n</i> (%)	33 (84,6)	3434 (99,3)	<0,001
Год операции, <i>n</i> (%): Year of surgery, <i>n</i> (%):			
2005	0	116 (3,4)	0,287
2006	3 (7,7)	216 (6,2)	
2007	4 (10,3)	205 (5,9)	
2008	3 (7,7)	252 (7,3)	
2009	7 (17,9)	243 (7,0)	
2010	1 (2,6)	297 (8,6)	
2011	2 (5,1)	297 (8,6)	
2012	4 (10,3)	327 (9,5)	
2013	2 (5,1)	331 (9,6)	
2014	2 (5,1)	355 (10,3)	
2015	4 (10,3)	373 (10,8)	
2016	7 (17,9)	430 (12,4)	

Примечание. АКТГ – аденокортикотропный гормон; СТГ – соматотропный гормон; ПРЛ – пролактин; ТТГ – тиреотропный гормон.

Note. ACTH – adrenocorticotropic hormone; GH – human growth hormone; PRL – prolactin; TSH – thyroid-stimulating hormone.

и 2080 пациентов женского пола в возрасте от 2 до 81 года (медиана 48,41 года). Соотношение мужчин и женщин в исследуемой группе – 1:1,47. По размеру опухоли распределение было следующим: 60 (1,7 %) пациентов с микроаденомами, 2218 (63,3 %) – с небольшими и средними опухолями, 1079 (31 %) – с большими, 140 (4 %) – с гигантскими. У 331 (9,5 %) пациента опухоль имела вторичные узлы.

По гормональной активности аденомы гипофиза распределялись следующим образом: гормонально-неактивных аденом было 64,9 % ( $n = 2269$ ), гормонально-активных – 35,1 % ( $n = 1228$ ), среди которых большинство составили соматотропиномы – 27,7 % ( $n = 969$ ); аденом, секретирующих адренкортикотропный гормон (АКТГ), было 124 (3,5 %), секретирующих тиреотропный гормон (ТТГ) – 7 (0,2 %). Смешанных гормонально-активных опухолей было 15 (0,5 %). Из них 11 аденом, секретирующих соматотропный гормон (СТГ)/пролактин (ПРЛ), 2 – СТГ/ТТГ-секретирующих, 1 – СТГ/АКТГ-секретирующая и 1 – АКТГ/ПРЛ-секретирующая.

Сахарный диабет имел место у 269 (7,7 %) пациентов.

#### Частота и относительный риск развития менингита при различных факторах риска

Послеоперационный менингит был выявлен у 39 (1,12 %) пациентов. Частота менингита на 1000 прооперированных пациентов составила 11,2.

Среди пациентов с менингитом было 17 мужчин и 22 женщины; возраст пациентов составил от 16 до 78 лет. У 21 (54 %) больного опухоль была среднего размера, у 13 (33 %) – большая, у 4 (10 %) – гигантская. Микроаденома была у 1 (3 %) пациента. В 29 (74 %) случаях опухоль имела супраселлярный рост, у 16 (41 %) пациентов – вращалась в кавернозный синус, у 5 (13 %) – распространялась в основную пазуху. У 7 (18 %) пациентов опухоль имела вторичные узлы. По гормональной активности опухоли распределились следующим образом: 26 (67 %) гормонально-неактивных, 10 (26 %) соматотропином и 3 (7 %) АКТГ-секретирующие опухоли.

У 31 (79 %) пациента операция была первичная, у 8 (21 %) – повторная. Во всех случаях использовался стандартный трансфеноидальный доступ. Люмбальный дренаж перед операцией устанавливался у 30 (77 %) пациентов. У 4 из них люмбальный дренаж был удален сразу после операции, у остальных оставался не менее суток. Интраоперационная ликворея или дефект в опухолевой капсуле был у 28 (72 %) пациентов. Среди 11 пациентов без интраоперационной ликвореи и дефектов в опухолевой капсуле лишь в 1 случае перед операцией не устанавливался люмбальный дренаж. У этого пациента возникла послеоперационная ликворея, что потребовало повторной пластики дна турецкого седла. Таким образом, входными воротами для

патогенных микроорганизмов у пациентов без дефекта опухолевой капсулы, по данным протокола, был либо люмбальный дренаж, либо незамеченный дефект в капсуле опухоли.

#### Однофакторный анализ причин, связанных с менингитом

Проанализировано влияние наличия сахарного диабета в анамнезе, перенесенной лучевой терапии, терапии агонистами дофамина перед операцией, размера и особенностей конфигурации опухоли, гормональной активности аденом гипофиза, использования люмбального дренажа во время и после операции, наличия интра- и послеоперационной назальной ликвореи, психических нарушений на развитие послеоперационного менингита.

Статистически значимыми факторами риска развития послеоперационного менингита у первично прооперированных пациентов оказались использование люмбального дренажа вне зависимости от срока его удаления, интра- и послеоперационная ликворея и наличие психических нарушений. Проведение повторных хирургических вмешательств не влияет на частоту послеоперационного менингита ( $p = 0,14$ ). В группе повторно прооперированных пациентов менингит статистически чаще возникал при интра- и послеоперационной ликворее, а также у пациентов старше 60 лет. Менингит возникал достоверно чаще у пациентов с продолжительностью операции более 2 ч (табл. 2).

#### Описание данных микробиологических исследований

Верифицировать возбудитель менингита удалось у 20 (51 %) пациентов из 39. В 19 случаях был поставлен диагноз «менингит неясной этиологии».

В 15 наблюдениях менингит был вызван одним патогеном: у 4 (20 %) пациентов – грамположительными бактериями (*Staphylococcus epidermidis*, *aureus* и *haemolyticus*), у 11 (55 %) – грамотрицательными (*Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter koseri*, *Enterococcus faecalis*, *Citrobacter freundii*, *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*).

В 5 (25 %) случаях менингит был вызван сочетанием нескольких патогенов: в 1-м случае – *E. aerogenes* и *Morganella morganii*; во 2-м – *E. faecalis* и *E. coli*; в 3-м – *Acinetobacter calcoaceticus* и *baumannii complex*; в 4-м – *K. pneumoniae* и *E. coli*; в 5-м – *S. epidermidis*, *Proteus vulgaris* и *Providencia rettgeri*.

При попытке выявить наиболее опасный возбудитель менингита проанализирована частота летальных исходов при различных видах патогенов. Летальные исходы регистрировались у пациентов, в ликворе которых были выявлены грамотрицательные бактерии: *E. aerogenes*, *M. morganii*, *E. faecalis*, *E. coli*, *K. pneumoniae*. Чаще всего летальные исходы зафиксированы среди пациентов с менингитом, вызванным *E. coli* (2 случая).

Таблица 2 | Table 2

Факторы риска развития менингита в группе первично и повторно оперированных пациентов

Risk factors of meningitis in the primary surgery and repeat surgery groups

Фактор риска Risk factor	Уровень значимости $p$ Significance level $p$	
	Первично прооперированные Primary surgery	Повторно прооперированные Repeat surgery
Возраст более 60 лет Age above 60 years	0,8	<0,05
Предоперационная лучевая терапия Preoperative radiotherapy	1	0,09
Сахарный диабет Diabetes mellites	0,3	0,5
Размер опухоли Tumor size	0,16	0,38
Послеоперационная ликворея Postoperative cerebrospinal fluid leak	<0,05	<0,05
Интраоперационная ликворея Intraoperative cerebrospinal fluid leak	<0,05	<0,05
Предоперационная установка люмбального дренажа Preoperative installation of lumbar drain	<0,05	1
Срок удаления люмбального дренажа Time to lumbar drain removal	0,08	0,7
Наличие вторичных опухолевых узлов Presence of secondary tumor lesions	0,06	1
Психические нарушения Mental disorders	<0,05	1
Гормональная активность Hormonal activity	0,3	1
Длительность операции более 2 ч Operative time longer than 2 h	<0,05	<0,05

Примечание. Жирным шрифтом выделены статистически значимые факторы ( $p < 0,05$ ).

Note. Statistically significant factors ( $p < 0.05$ ) are shown in bold.

При менингитах, вызванных грамположительными бактериями, все пациенты выжили. Учитывая полученные данные, можно предположить, что менингит после эндоскопического эндоназального удаления аденом гипофиза, вызванный грамотрицательной флорой, наиболее опасен. Однако статистически значи-

мого влияния типа возбудителя на летальный исход не получено ( $p = 1$ ).

### Исходы

Среди 39 пациентов, у которых выявлен послеоперационный менингит, зарегистрировано 6 (15 %) летальных исходов. Менингит статистически значимо увеличивает риск наступления летального исхода ( $p < 0,05$ ).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Менингит после трансназальных трансфеноидальных операций возникает в 0,6–7,1 % случаев, что соответствует общемировым показателям (табл. 3).

Сложность решения проблемы инфекционных осложнений в трансфеноидальной хирургии определяется множеством факторов, связанных с состоянием самого пациента, особенностями проводимой операции и видом возбудителя инфекции.

Ликворея, как интра-, так и послеоперационная, – наиболее частое осложнение трансфеноидальной хирургии и один из основных и очевидных факторов риска развития нозокомиального менингита [11–13]. Прямой контакт с бактериями околоносовых пазух, носоглотки и среднего уха в условиях ликвореи у пациентов, оперированных эндоскопическим трансфеноидальным доступом, является причиной развития менингита.

При наличии интраоперационной назальной ликвореи помимо выполнения надежной пластики дефектов основания черепа возникает необходимость проведения длительного послеоперационного дренирования ликвора с помощью наружного люмбального/вентрикулярного дренажа [14, 15]. Частота развития вентрикулита при наружном вентрикулярном дренировании составляет от 0 до 22 % [16]. Наружные люмбальные дренажи являются фактором риска развития менингита в 5 % случаев. Инфицирование происходит непосредственно через дренажную систему или через кожу в месте установки дренажа и может быть обусловлено как резидентными патогенами, живущими в коже, так и экзогенными патогенами, попадающими на дренаж с рук медицинских работников при манипуляциях с системой дренирования [13, 17].

Возбудителями нозокомиального менингита чаще бывают *Streptococcus pneumoniae*, *S. epidermidis*, *Haemophilus influenzae*, *Corynebacterium* spp., *Streptococcus viridans*, *Serratia* spp., *Enterococcus* spp., *K. pneumoniae*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *A. baumannii* [18]. Грибковый менингит после нейрохирургических операций встречается реже, чем бактериальный. В послеоперационном периоде грибы рода *Candida* являются наиболее вероятным возбудителем менингита [17].

В исследовании Y. Jin и соавт. основными возбудителями менингита были коагулазонегативные

Таблица 3 | Table 3

Частота развития менингита после эндоскопического трансфеноидального удаления аденом гипофиза  
Incidence of meningitis after endoscopic transsphenoidal resection of pituitary adenomas

Автор Author	Год Year	Число больных Number of patients	Частота менингита, % Incidence of meningitis, %
P. Cappabianca et al. [4]	2002	146	1,2
J.A. Gondim et al. [5]	2011	301	0,6
M. Berker et al. [6]	2012	570	0,7
M. Koutourousiou et al. (гигантские аденомы) [7] M. Koutourousiou et al. (giant adenomas) [7]	2013	54	5,6
F. Wang et al. [8]	2015	1166	1,03
E.R. Constantino et al. (гигантские аденомы) [9] E.R. Constantino et al. (giant adenomas) [9]	2016	28	7,1
E. Magro et al. [10]	2016	300	3,3
Настоящее исследование This study	2018	3497	1,12

стафилококки (34,1 %), *S. pneumoniae* (12,2 %), *S. viridans* (7,3 %), *A. baumannii* (7,3 %) и *P. aeruginosa* (7,3 %). Авторы отмечают, что после продолжительной госпитализации на слизистой оболочке полости носа преобладают грамотрицательные неферментирующие бактерии, такие как *A. baumannii* и *P. aeruginosa* [1].

В исследовании М.Е. Иван также установлено, что такие предоперационные факторы, как заболевания легких, предшествующие операции, химио- и лучевая терапия, гистологический вариант опухоли, не повлияли на риск возникновения послеоперационного менингита и назальной ликвореи [19].

Также существуют причины развития менингита, связанные с нарушением правил асептики и антисептики. Из них наиболее важными являются характер санитарной обработки операционной, продолжительность операций, их техника, выполнение повторных операций, направленных на герметизацию полости черепа, контингент и численность присутствующих на операции, что подтверждают результаты, полученные в нашем исследовании [10, 20].

На сегодняшний день остается актуальным вопрос адекватной антибиотикопрофилактики при трансфеноидальных доступах, так как операции проводятся через нестерильную условно чистую полость носа, а также при наличии интра-/послеоперационной назальной ликвореи и проведении наружного люмбального/вентрикулярного дренирования.

В отношении пролонгированной антибиотикопрофилактики в настоящее время нет единого мнения. Метаанализ Н.А. Brodie показал статистически значимое снижение частоты менингита среди пациентов с посттравматической ликвореей, которым проводилась антибактериальная терапия [21]. В другом

исследовании назначение антибактериальных препаратов с профилактической целью не приводило к снижению частоты развития менингита у пациентов с переломом основания черепа при наличии или отсутствии посттравматической ликвореи [22]. Основная проблема некорректного назначения антибактериальных препаратов – появление резистентных микроорганизмов, что может служить аргументом против использования антибактериальных препаратов в качестве длительной профилактики инфекции. Проведенный метаанализ указывает на то, что антибиотикопрофилактика при наличии назальной ликвореи может приводить к образованию в области носоглотки пациентов условно-патогенных микроорганизмов, резистентных к используемым антибактериальным препаратам [23].

По данным исследования, посвященного анализу результатов использования перипроцедурной и пролонгированной антибиотикопрофилактики у пациентов с наружными люмбальными дренажами, было выявлено, что частота инфекций, вызванных резистентными организмами, такими как MRSA (метициллин-резистентный золотистый стафилококк) и *Candida*, была выше в группе, где проводилась пролонгированная антибиотикопрофилактика, уровень смертности в данной группе также был выше (66 % против 41 %) [17].

В связи с этим, учитывая отсутствие доказанной эффективности пролонгированной антибиотикопрофилактики, риск селекции антибиотикорезистентных микроорганизмов, назначение антибактериальных препаратов в целях профилактики инфекционных осложнений при наличии люмбального/вентрикулярного дренажа не должно быть продлено более чем на 3 дня после операции [23, 24].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Менингит на сегодняшний день остается серьезной проблемой в эндоскопической трансфеноидальной хирургии в связи с выполнением операций через условно чистую операционную рану, наличием большого количества потенциальных возбудителей менингита. Основными факторами риска являются интра-/послеоперационная назальная ликворея, использование наружного люмбального дренажа, возраст пациента, наличие психических нарушений и длительность операции более 2 ч.

При выявлении менингита лечение необходимо начинать незамедлительно и включать широкий спектр антибактериальных препаратов, эффективных в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных микроорганизмов. При наличии грамотрицательных бактерий лечение менингита стоит пролонгировать до 21 дня; при отсутствии положительного посева ликвора терапию антибактериальными препаратами проводят в течение 10–14 дней при условии нормальных показателей общего анализа, биохимии ликвора.

**Литература | References**

- Jin Y., Liu X., Gao L. et al. Risk factors and microbiology of meningitis and/or bacteremia after transphenoidal surgery for pituitary adenoma. *World Neurosurg* 2018;110:e851–63. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.11.125
- Ciric I., Ragin A., Baumgartner C., Pierce D. Complications of transphenoidal surgery: results of a national survey, review of the literature, and personal experience. *Neurosurgery* 1997;40(2):225–36. DOI: 10.1097/00006123-199702000-00001
- Barker F.G. 2<sup>nd</sup>, Klibanski A., Swearingen B. Transphenoidal surgery for pituitary tumors in the United States, 1996–2000: mortality, morbidity, and the effects of hospital and surgeon volume. *J Clin Endocrinol Metab* 2003;88:4709–19. DOI: 10.1210/jc.2003-030461
- Cappabianca P., Cavallo L.M., Colao A., de Divitiis E. Surgical complications associated with the endoscopic endonasal transphenoidal approach for pituitary adenomas. *J Neurosurg* 2002;97(2):293–8. DOI: 10.3171/jns.2002.97.2.0293
- Gondim J.A., Almeida J.P., Albuquerque L.A. et al. Endoscopic endonasal approach for pituitary adenoma: surgical complications in 301 patients. *Pituitary* 2011;14(2):174–83. DOI: 10.1007/s11102-010-0280-1
- Berker M., Hazer D.B., Yücel T. et al. Complications of endoscopic surgery of the pituitary adenomas: analysis of 570 patients and review of the literature. *Pituitary* 2012;15:288–300. DOI: 10.1007/s11102-011-0368-2
- Koutourousiou M., Gardner P.A., Fernandez-Miranda J.C. et al. Endoscopic endonasal surgery for giant pituitary adenomas: advantages and limitations. *J Neurosurg* 2013;118(3):621–31. DOI: 10.3171/2012.11.JNS121190
- Wang F., Zhou T., Wei S. et al. Endoscopic endonasal transphenoidal surgery of 1,166 pituitary adenomas. *Surg Endosc* 2015;29(6):1270–80. DOI: 10.1007/s00464-014-3815-0
- Constantino E.R., Leal R., Ferreira C.C. et al. Surgical outcomes of the endoscopic endonasal transphenoidal approach for large and giant pituitary adenomas: institutional experience with special attention to approach-related complications. *Arq Neuropsiquiatr* 2016;74(5):388–95. DOI: 10.1590/0004-282X20160042
- Magro E., Graillon T., Lassave J. et al. Complications related to endoscopic endonasal transphenoidal approach for nonfunctioning pituitary macroadenomas in 300 consecutive patients. *World Neurosurg* 2016;89:442–53. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.02.059
- Калинин П.Л., Фомичев Д.В., Кутин М.А. и др. Передний расширенный трансфеноидальный эндоскопический эндоназальный доступ в хирургии краниофарингиом. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2013;77(3):13–20. Kalinin P.L., Fomichev D.V., Kutin M.A. et al. Anterior extended transphenoidal endoscopic endonasal approach in craniopharyngioma surgery. *Zhurnal Voprosy neyrokhirurgii im. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2013;77(3):13–20. (In Russ.).
- Кутин М.А., Калинин П.Л., Фомичев Д.В. и др. Опыт применения аутоканей с сохраненным кровоснабжением для пластики дефектов основания черепа после эндоскопических трансфеноидальных вмешательств. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2012;76(2):42–9. Kutin M.A., Kalinin P.L., Fomichev D.V. et al. Experience of using autologous tissues with preserved blood supply for plastic surgery of skull base defects after endoscopic transphenoidal interventions. *Zhurnal Voprosy neyrokhirurgii im. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2012;76(2):42–9. (In Russ.).
- Savin I., Ershova K., Kurdyumova N. et al. Healthcare-associated ventriculitis and meningitis in a neuro-ICU: Incidence and risk factors selected by machine learning approach. *J Crit Care* 2018;45:95–104. DOI: 10.1016/j.jcrr.2018.01.022
- Кутин М.А., Курносоев А.Б., Калинин П.Л. и др. Эффективность применения плазмозамещающего гипертонического изоонкотического раствора гиперхаес для достижения устойчивой внутричерепной гипотензии при эндоскопических эндоназальных трансфеноидальных аденомэктомиях как альтернатива инвазивному наружному люмбальному дренированию. Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко 2015;79(2):82–6. Kutin M.A., Kurnosov A.B., Kalinin P.L. et al. Efficiency of using plasma-substituting hypertonic isoosmotic solution Hyperhaes to achieve stable intracranial hypotension during endoscopic endonasal transphenoidal adenectomy as an alternative to invasive external lumbar drainage. *Zhurnal Voprosy neyrokhirurgii im. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2015;79(2):82–6. (In Russ.).
- Stokken J., Recinos P.F., Woodard T., Sindwani R. The utility of lumbar drains in modern endoscopic skull base surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2015;23(1):78–82. DOI: 10.1097/MOO.0000000000000119.
- Ramanan M., Lipman J., Shorr A., Shankar A. A meta-analysis of ventriculostomy-associated cerebrospinal fluid infections. *BMC Infect Dis* 2015;15:3. DOI: 10.1186/s12879-014-0712-z
- Tunkel A.R., Hasbun R., Bhimraj A. et al. 2017 Infectious Diseases Society of America's Clinical Practice Guidelines for Healthcare-Associated Ventriculitis and Meningitis. *Clin Infect Dis* 2017;64(6):e34–65. DOI: 10.1093/cid/ciw861
- Fjelstad A.B., Hommelstad J., Sorteberg A. Infections related to intrathecal baclofen therapy in children and adults: frequency and risk factors. *J Neurosurg Pediatr* 2009;4:487–93. DOI: 10.3171/2009.6.PEDS0921

19. Ivan M.E., Iorgulescu J.B., El-Sayed I. et al. Risk factors for postoperative cerebrospinal fluid leak and meningitis after expanded endoscopic endonasal surgery. *J Clin Neurosci* 2015;22(1):48–54. DOI: 10.1016/j.jocn.2014.08.009
20. Калинин П.Л. Эндоскопическая трансфеноидальная хирургия аденом гипофиза и других опухолей околоселлярной локализации. Дис. ... д-ра мед. наук. М., 2009. Kalinin P.L. Endoscopic transsphenoidal surgery of pituitary adenomas and other tumors of the perisellar localization. Dis. ... doct. med. sci. Moscow, 2009. (In Russ.).
21. Brodie H.A. Prophylactic antibiotics for posttraumatic cerebrospinal fluid fistulae. A meta-analysis. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1997;123(7):749–52. DOI: 10.1001/archotol.1997.01900070093016
22. Villalobos T., Arango C., Kubilis P., Rathore M. Antibiotic prophylaxis after basilar skull fractures: a meta-analysis. *Clin Infect Dis* 1998;27(2):364–9. DOI: 10.1086/514666
23. Ratalil B.O., Costa J., Sampaio C., Pappamikail L. Antibiotic prophylaxis for preventing meningitis in patients with basilar skull fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;(8):CD004884. DOI: 10.1002/14651858.CD004884.pub3
24. Little A.S., White W.L. Prophylactic antibiotic trends in transsphenoidal surgery for pituitary lesions. *Pituitary* 2011;14(2):99–104. DOI: 10.1007/s11102-010-0256-1

**Вклад авторов | Authors' contributions**

О.И. Шарипов: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание текста статьи;  
Н.И. Михайлов: сбор и обработка материала, написание текста статьи;  
М.А. Кутин, Д.В. Фомичев, А.Н. Шкарубо: сбор и обработка материала, редактирование;  
Д.Н. Андреев, И.В. Чернов, А.А. Абдилатипов, Л.И. Астафьева, И.А. Воронина, Ю.В. Струнина: сбор и обработка материала;  
П.Л. Калинин: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование.  
O.I. Sharipov: development of the concept and design of the study, collection and processing of material, article writing;  
N.I. Mikhailov: collection and processing of material, article writing;  
M.A. Kutin, D.V. Fomichev, A.N. Shkarubo: collection and processing of material, editing;  
D.N. Andreev, I.V. Chernov, A.A. Abdilatipov, L.I. Astafieva, I.A. Voronina, Yu.V. Strunina: collection and processing of material;  
P.L. Kalinin: development of the concept and design of the study, editing.

**ORCID авторов | ORCID of authors**

О.И. Шарипов / O.I. Sharipov: <https://orcid.org/0000-0003-3777-5662>  
Н.И. Михайлов / N.I. Mikhailov: <https://orcid.org/0000-0001-9212-6564>  
М.А. Кутин / M.A. Kutin: <https://orcid.org/0000-0002-6520-4296>  
Д.В. Фомичев / D.V. Fomichev: <https://orcid.org/0000-0002-5323-1000>  
А.Н. Шкарубо / A.N. Shkarubo: <https://orcid.org/0000-0003-3445-3115>  
Д.Н. Андреев / D.N. Andreev: <https://orcid.org/0000-0001-5473-4905>  
И.В. Чернов / I.V. Chernov: <https://orcid.org/0000-0002-9789-3452>  
А.А. Абдилатипов / A.A. Abdilatipov: <https://orcid.org/0000-0001-5583-0050>  
Л.И. Астафьева / L.I. Astafieva: <https://orcid.org/0000-0003-4480-1902>  
И.А. Воронина / I.A. Voronina: <https://orcid.org/0000-0003-2317-8410>  
П.Л. Калинин / P.L. Kalinin: <https://orcid.org/0000-0001-9333-9473>

**Конфликт интересов | Conflict of interest**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование | Funding**

Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
The study was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики | Compliance with patient rights and principles of bioethics**

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.  
The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of N.N. Burdenko National Medical Research Center of Neurosurgery, Ministry of Health of Russia.

Статья поступила | Article submitted: 22.09.2025.  
Рецензия | Peer reviewed: 06.12.2025.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Боевые ранения в области срединной линии черепа и головного мозга

## Контакты:

Сергей Александрович  
Ландик  
[landik@mail.ru](mailto:landik@mail.ru)

С.А. Ландик<sup>1</sup>, Р.И. Исаев<sup>1</sup>, Д.В. Свистов<sup>1</sup>, В.Е. Чернов<sup>2</sup>, А.В. Федоренков<sup>3</sup>, С.И. Карпенко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6;

<sup>2</sup>ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России; Россия, 105094 Москва, пл. Госпитальная, 1–3, стр. 1;

<sup>3</sup>Филиал №3 ФГБУ «3 Центральный военный клинический госпиталь им. А.А. Вишневого» Минобороны России; Россия, 143003 Одинцово, ул. Маршала Бирюзова, 1;

<sup>4</sup>ОГБУЗ «Городская больница №2 г. Белгорода»; Россия, 308036 Белгород, ул. Губкина, 46

**Введение.** В современных вооруженных конфликтах огнестрельные ранения головы остаются актуальной проблемой. Огнестрельные черепно-мозговые ранения срединной линии (ОЧМР СЛ) составляют около 5 % всех черепно-мозговых ранений и характеризуются высокой летальностью.

**Цель исследования** – определить анатомо-топографические особенности ОЧМР СЛ, оценить результаты хирургического лечения и разработать оптимальную тактику лечения.

**Материалы и методы.** Проанализирована одноцентровая ретроспективная серия клинических случаев. Изучены результаты хирургического лечения 14 пациентов с ОЧМР СЛ, госпитализированных в Городскую больницу №2 г. Белгорода в 2024–2025 гг. Проводились клиничко-лабораторные исследования, компьютерная томография, спиральная компьютерно-томографическая ангиография.

**Результаты.** Выделено 6 видов ОЧМР СЛ по локализации входного отверстия. У всех пациентов выявлены переломы костей свода и основания черепа, очаги ушибов головного мозга. Внутримозговые гематомы наблюдались в 77 % случаев. Летальность составила 7 %.

**Заключение.** ОЧМР СЛ – сложная группа повреждений, требующая специализированной нейрохирургической помощи. Современные технологии и совершенствование хирургических техник позволяют улучшить результаты лечения.

**Ключевые слова:** огнестрельное проникающее ранение головы, черепно-мозговое ранение, черепно-мозговая травма, повреждение сосудов головного мозга, внутричерепная гематома, парасагиттальная область, боевое повреждение

**Для цитирования:** Ландик С.А., Исаев Р.И., Свистов Д.В. и др. Боевые ранения в области срединной линии черепа и головного мозга. Нейрохирургия 2026;28(2):57–66.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-57-66>

## Combat injuries in the midline area of the skull and brain

S.A. Landik<sup>1</sup>, R.I. Isaev<sup>1</sup>, D.V. Svistov<sup>1</sup>, V.E. Chernov<sup>2</sup>, A.V. Fedorenkov<sup>3</sup>, S.I. Karpenko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia;

<sup>2</sup>Main Military Clinical Hospital named after Academician N.N. Burdenko, Ministry of Defense of Russia; Build. 1, 1–3 Gospitalnaya Ploshchad, Moscow 105094, Russia;

<sup>3</sup>Branch No. 3 of the 3 Central Military Clinical Hospital named after A.A. Vishnevsky, Ministry of Defense of Russia; 1 Marshala Biryuzova St., Odintsovo 143003, Russia;

<sup>4</sup>City Hospital No. 2 of Belgorod; 46 Gubkina St., Belgorod 308036, Russia

**Contacts:** Sergey Aleksandrovich Landik [landik@mail.ru](mailto:landik@mail.ru)

**Background.** In modern armed conflicts, gunshot wounds to the head remain a relevant problem. Gunshot midline traumatic brain injury (GMTBI) account for approximately 5 % of all traumatic brain injury (TBI) and characterized by high mortality.

**Aim.** To determine the anatomical and topographical features of GMTBI, evaluate surgical treatment outcomes, and develop optimal treatment strategy.

**Materials and methods.** Single-center retrospective clinical case series was analyzed, including surgical treatment outcomes of 14 patients with GMTBI admitted to City Hospital No. 2, Belgorod, in 2024–2025. All patients underwent clinical and laboratory examinations as well as CT and CT angiography were performed.

**Results.** Six types of GMTBI were identified based on the location of the entry wound. All patients had fractures of the skull vault and base as well as contusion foci of the brain. Intracerebral hematomas were observed in 77 % of cases. Mortality was 7 %.

**Conclusion.** GMTBI are a complex group of injuries requiring specialized neurosurgical care. Modern technologies and the refine of surgical techniques can improve treatment outcomes.

**Keywords:** gunshot penetrating head injury, cranio-cerebral wound, traumatic brain injury, cerebral vascular injury, intracranial hematoma, parasagittal region, combat injury

**For citation:** Landik S.A., Isaev R.I., Svistov D.V. et al. Combat injuries in the midline area of the skull and brain. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):57–66.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-57-66>

## ВВЕДЕНИЕ

В вооруженных конфликтах последних лет активно используются беспилотные летательные аппараты, широко применяются артиллерия, ракетное вооружение и мины, что обуславливает подавляющее преобладание осколочных ранений черепа и головного мозга над пулевыми в большинстве своем в сочетании с ранениями других областей тела [1]. Это подтверждается данными, получаемыми в ходе медицинского обеспечения проведения специальной военной операции на Украине. Частота ранений черепа и головного мозга в современных вооруженных конфликтах достигает 54 % [2], а летальность – 76,3 % [3, 4]. На летальность изолированного черепно-мозгового ранения (ЧМР) влияет много факторов, в том числе размер, форма и масса ранящего снаряда (осколка), приложенная кинетическая энергия в момент проникновения, расстояние от эпицентра взрыва, начальная скорость разлета осколков, применение огневых средств индивидуальной защиты головы, локализация входного отверстия, определяющая толщину подлежащих костных структур, направление хода ранящего снаряда, повреждение критических анатомических структур черепа и головного мозга, вне- и внутричерепных артериальных сосудов и венозных коллекторов.

Известно, что высокая смертность при проникающих ЧМР коррелирует с траекторией хода ранящего снаряда [5]. По виду раневого канала выделяют слепые, сквозные, касательные и рикошетирующие ЧМР [6]. В настоящее время принято разделение слепых проникающих ЧМР на 5 подвидов: простые ранения – раневой канал и инородное тело (ранящий снаряд) находятся в доле мозга, к которой прилежит раневой дефект костей черепа; радиарные – ранящий снаряд достигает серповидного отростка; сегментарные – ранящий снаряд поражает 2 соседние доли головного мозга, и проекция раневого канала составляет сегмент по отношению к окружности черепа; диаметральные – ранящий снаряд проникает через мозговое вещество

по диаметру окружности черепа [6]; диагональные – раневой канал и инородное тело (ранящий снаряд) распространяются из конвексимальных отделов больших полушарий головного мозга в заднюю черепную ямку. Повреждения глубинных структур, ствола головного мозга, крупных церебральных сосудов, массивные внутричерепные кровоизлияния часто приводят к быстрому летальному исходу.

Среди всех видов огнестрельных повреждений черепа и головного мозга, на наш взгляд, к одним из наиболее тяжелых относятся проникающие огнестрельные ЧМР срединной линии (ОЧМР СЛ). В структуре огнестрельных ЧМР ранения срединной линии составляют около 5 %.

Огнестрельное ЧМР срединной линии черепа – это ЧМР, при котором входное отверстие расположено вблизи срединной линии (до 1 см) и проходит через анатомические структуры, расположенные в парасагитальной плоскости. Раневой канал может как заканчиваться в проекции срединной линии, так и иметь ход в латеральном направлении. Прохождение ранящего снаряда через определенные срединные зоны (zona fatalis) статистически значимо коррелирует с летальным исходом, что подчеркивает критическое значение поражения срединных структур при проникающих ЧМР [7, 8]. Несмотря на это, среди раненых с ЧМР, поступающих на этапы медицинской эвакуации, имеется когорта с ОЧМР СЛ. Как правило, такие пациенты доставляются в лечебные учреждения в тяжелом состоянии с нарушением сознания (до комы), в состоянии медикаментозной седации (ввиду выраженности церебральных нарушений, постгеморрагической анемии или тяжести сопутствующей скелетной или торакоабдоминальной травмы).

Тяжесть состояния пациентов, нарушение сознания определяют сложность неврологического обследования, затрудняют оценку латерализации повреждения, тем более что у большинства имеют место двусторонние повреждения. Характер и вид повреждений при ОЧМР СЛ

(травматические изменения костей черепа, вещества головного мозга, желудочковой системы, артериальных и венозных структур, воздухоносных пазух) наиболее точно могут быть определены только при использовании современных способов нейровизуализации. Комплексный подход к оценке тяжести состояния раненого и травматических морфологических изменений позволяет выработать оптимальную хирургическую тактику, направленную на устранение жизнеугрожающих последствий ранения (продолжающегося внутричерепного кровотечения, сдавления головного мозга, ликвореи), и составить план первичной хирургической обработки огнестрельной раны.

В современной литературе информация о проникающих ОЧМР СЛ носит ограниченный характер, несмотря на то что на практике группа пациентов с такими видами ЧМР, которых, как правило, госпитализируют в тяжелом и крайне тяжелом состоянии и которым требуется особенно тщательное и трудоемкое хирургическое пособие, составляет значительную когорту.

**Цель исследования** – определить анатомо-топографические особенности ОЧМР СЛ с выделением отдельных видов, оценить ближайшие клинико-инструментальные результаты хирургического лечения пациентов на основании данных спиральной компью-

терной томографии (СКТ), выработать оптимальную тактику в целях улучшения результатов лечения больных данной группы.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализирована одноцентровая ретроспективная серия клинических случаев.

Критерием включения в исследование было ЧМР с доказанной на основании данных медицинских документов, рентгенографии, компьютерной томографии головного мозга локализацией входного отверстия в проекции срединной линии головного мозга и до 1 см вблизи нее. Критерии исключения: ЧМР латеральнее 1 см от срединной линии головного мозга; случаи с неполной медицинской документацией; консервативное ведение пациентов без хирургического вмешательства.

Все варианты случаев ОЧМР СЛ мы разделили на 6 видов (табл. 1).

В Городскую больницу № 2 г. Белгорода с декабря 2024 г. по март 2025 г. в экстренном порядке были госпитализированы 14 мужчин с ОЧМР СЛ для оказания специализированной нейрохирургической помощи по жизненным показаниям в рамках этапного хирургического лечения.

Всем раненым при поступлении выполняли клинико-лабораторное обследование, общесоматический

Таблица 1 | Table 1

Виды огнестрельных черепно-мозговых ранений срединной линии, соотношение локализации ранения и поврежденных костных структур  
Types of gunshot midline traumatic brain injury: correlation between wound location and damaged bone structures

№	Вид огнестрельных черепно-мозговых ранений срединной линии Types of gunshot midline traumatic brain injury	Границы области локализации входного отверстия Boundaries of the entrance wound location	Область костных повреждений Area of bone injury
1	Трансбазальные (орофациальные) Transbasal (orofacial)	От подбородка до надпереносья (glabella) From chin to glabella	Структуры переднего основания черепа Structures of the anterior cranial base
2	Трансфронтальные Transfrontal	От надпереносья до верхней границы лобной пазухи From glabella to the superior border of the frontal sinus	Чешуя лобной кости в пределах лобной пазухи Squamous part of the frontal bone within the frontal sinus
3	Передние парасагитальные Anterior parasagittal	От верхней границы лобной пазухи до венечного шва (bregma) From the superior border of the frontal sinus to the coronal suture (bregma)	Чешуя лобной кости Squamous part of the frontal bone
4	Средние парасагитальные Mid-parasagittal	От венечного шва до теменного бугра (obelion) From the coronal suture to the parietal eminence (obelion)	Чешуя теменных костей Squamous part of the parietal bones
5	Задние парасагитальные Posterior parasagittal	От теменного бугра до проекции слияния (стока) синусов (внутренний затылочный выступ) From the parietal eminence to the projection of the confluence of sinuses (internal occipital protuberance)	Чешуя теменных и затылочной костей Squamous part of the parietal and occipital bones
6	Субокципитальные Suboccipital	От внутреннего затылочного выступа до заднего края большого затылочного отверстия From the internal occipital protuberance to the posterior margin of the foramen magnum	Чешуя затылочной кости Squamous part of the occipital bone

и неврологический осмотр, СКТ перед и после нейрохирургического оперативного пособия, по показаниям – СКТ-ангиографию в артериальной и венозной фазах. Нейрохирургическую операцию планировали и осуществляли на основе полученных диагностических данных с использованием принципов одноэтапности, радикальности, полноценности и завершенности хирургического пособия, после чего пациентов на 1–3-и сутки эвакуировали на следующие этапы для завершения восстановительного лечения и медицинской реабилитации.

Выбор метода оперативного вмешательства осуществлялся исходя из анатомо-топографических характеристик повреждения костей черепа и вещества головного мозга, внутричерепных сосудистых структур, воздухоносных полостей и околоносовых пазух, структур основания черепа, а также с учетом периода течения травматической болезни головного мозга, с анализом сопутствующей травматической патологии, связанной с повреждением других органов и систем.

При анализе данных СКТ (рис. 1, 2) оценивали вид и особенности повреждения костей черепа, вид повреждения головного мозга, характер, расположение и вид ушиба головного мозга, характер повреждения базальных ядер, внутренней капсулы, протяженность, расположение и направление раневого канала, его содержимое, наличие внутримозговых и вентрикулярных гематом, локализацию ранящего снаряда (осколка), характер повреждения магистральных артерий и вен

головного мозга, наличие осложнений ЧМР в виде пневмоцефалии, ликвореи, присутствие латерального смещения срединных структур, наличие латеральной и аксиальной дислокации.

Для оценки проходимости артерий и вен головного мозга, а также для исключения травматических аневризм головного мозга применяли СКТ-ангиографию.

Перед выпиской из стационара изучали данные контрольных СКТ головного мозга, оценивали функциональные исходы после оперативного вмешательства, состояние соматического и неврологического статуса, уровень сознания по шкале комы Глазго (ШКГ).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Клинико-инструментальная картина

Возраст пациентов варьировал от 25 до 50 лет (средний возраст 40 лет).

Во всех случаях пациенты госпитализированы в экстренном порядке в течение 1-х суток после ранения.

В половине случаев ( $n = 7$ ; 50 %) пациенты госпитализированы в состоянии медикаментозной седации ввиду тяжести состояния, наличия сочетанного ранения. Вне медикаментозной седации средний уровень по ШКГ составлял 12 баллов. Анизокория наблюдалась у 2 (14 %) пациентов, анизорефлексия – у 10 (71 %), менингеальная симптоматика – у 7 (50 %).

### Анатомо-топографические особенности огнестрельных черепно-мозговых ранений срединной линии

Встречаемость видов ОЧМР СЛ по локализации входного отверстия представлена в табл. 2.

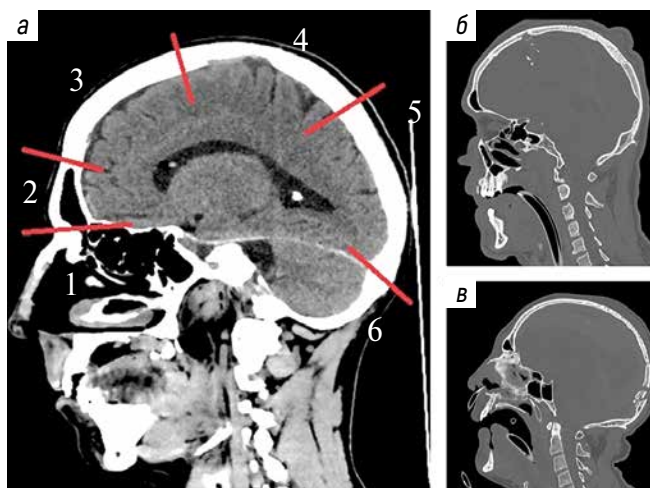


Рис. 1 | Fig. 1

Спиральная компьютерная томография (СКТ) в сагиттальной плоскости при огнестрельных черепно-мозговых ранениях срединной линии: а – виды локализаций входного раневого отверстия; б – пример СКТ при среднем парасагитальном повреждении; в – пример СКТ при заднем парасагитальном повреждении в области срединной линии

Computed tomography (CT) in the sagittal plane in patient with gunshot midline traumatic brain injury: а – types of entry wound locations; б – an example of CT for a middle parasagittal injury; в – an example of CT for a posterior parasagittal injury in the midline area

Таблица 2 | Table 2

Встречаемость видов огнестрельных черепно-мозговых ранений срединной линии

Incidence of gunshot midline traumatic brain injury types

№	Вид огнестрельных черепно-мозговых ранений срединной линии Types of gunshot midline traumatic brain injury	n	%
1	Трансбазальные (орофациальные) Transbasal (orofacial)	1	7
2	Трансфронтальные Transfrontal	2	14
3	Передние парасагитальные Anterior parasagittal	4	28
4	Средние парасагитальные Mid-parasagittal	3	21
5	Задние парасагитальные Posterior parasagittal	2	14
6	Субокципитальные Suboccipital	2	14
Всего Total		14	100

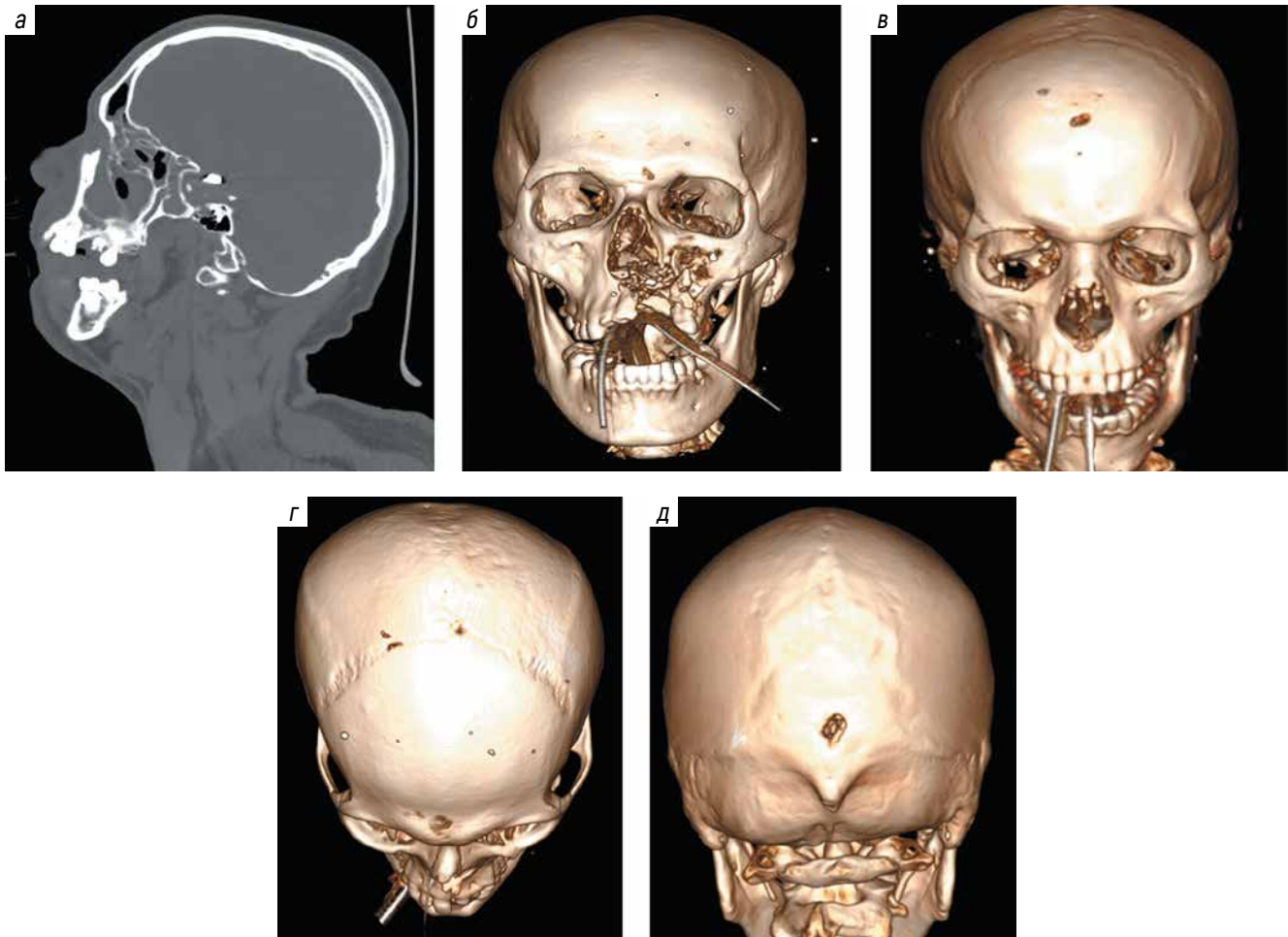


Рис. 2 | Fig. 2

Виды локализации входного раневого отверстия на костях черепа при огнестрельных черепно-мозговых ранениях срединной линии: а – трансбазальное (орофациальное) ранение; б – трансфронтальное ранение; в – переднее парасагитальное ранение; г – среднее парасагитальное ранение; д – заднее парасагитальное ранение

Types of entry wound localization on the skull bones in gunshot midline traumatic brain injury: а – transbasal (orofacial) wound; б – transfrontal wound; в – anterior parasagittal wound; г – middle parasagittal wound; д – posterior parasagittal wound

Входное отверстие при ЧМР располагалось по срединной линии или вблизи нее. В большинстве случаев имели место проникающие слепые ЧМР. Ход раневого канала различался, в большинстве случаев имел ту или иную латерализацию. Тем не менее травматические изменения вещества головного мозга в подавляющем большинстве случаев имели место в обоих полушариях головного мозга.

В табл. 3 представлена встречаемость внутричерепных повреждений у пациентов с ОЧМР СЛ. Примеры внутричерепных повреждений представлены на рис. 3.

#### Оперативное лечение

Оперативные вмешательства пациентам с ОЧМР СЛ выполнены в экстренном порядке в условиях специализированной нейрохирургической операционной, оснащенной современным стационарным оборудованием, операционным микроскопом, расходными материалами.

Выбор тактики вмешательства основывался на оценке локализации входного отверстия, хода раневого канала, характера внутри- и внечерепных повреждений, возможности выполнения одноэтапного радикального пособия.

Оперативное вмешательство начинали с кожного разреза и формирования кожно-апоневротического лоскута в проекции входного раневого отверстия, выполняли декомпрессию трепанацию черепа, удаление костных отломков, ранящего снаряда (если он располагался в пределах доступности) и мозгового детрита, санацию очагов ушиба и гематомы раневого канала, осуществляли эвакуацию внутричерепных гематом (эпидуральной, субдуральной, внутримозговой, желудочковой гематомы), проводили остановку продолжающегося кровотечения.

В случаях повреждения верхнего сагитального синуса (ВСС) объем хирургического пособия дополняли

Таблица 3 | Table 3

Встречаемость внутричерепных повреждений у пациентов с огнестрельными черепно-мозговыми ранениями срединной линии  
Incidence of intracranial injuries in patients with gunshot midline traumatic brain injury

Повреждение Injury	n	%
Огнестрельные переломы костей свода и основания черепа Gunshot fractures of the cranial vault and skull base	14	100
Очаги ушибов головного мозга 1–4-го типов Cerebral contusion foci, types 1–4	14	100
Интракраниальные инородные тела Intracranial foreign bodies	11	79
Внутричерепная гематома Intracerebral hematoma	10	71
Двусторонняя внутричерепная гематома Bilateral intracerebral hematoma	4	29
Повреждение верхнего сагиттального синуса Superior sagittal sinus injury	4	29
Гипертензионно-дислокационный полушарный синдром Supratentorial hypertensive-dislocational syndrome	5	36
Повреждение придаточных пазух носа Paranasal sinus injury	3	21

пластикой стенок ВСС, реже – перевязкой ВСС при ранениях в передней трети (рис. 4).

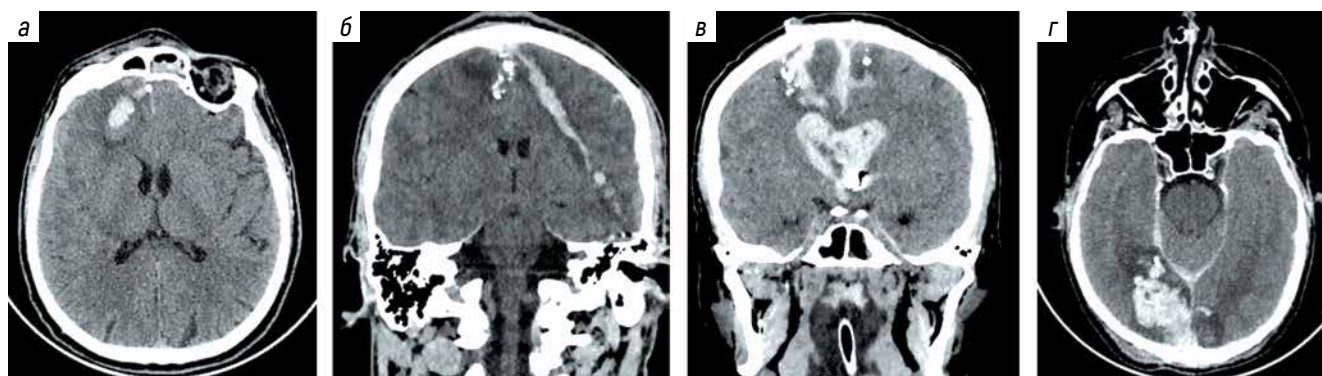


Рис. 3 | Fig. 3

Примеры встречающихся внутричерепных повреждений при огнестрельных черепно-мозговых ранениях срединной линии: а – повреждение лобной пазухи, очаг ушиба и внутричерепная гематома правой лобной доли; б – повреждение верхнего сагиттального синуса (ВСС), костные отломки по срединной линии в проекции серпа, латеральное направление раневого канала с гематомой раневого канала; в – повреждение ВСС в средней трети с формированием парасагиттальной субдуральной гематомы межполушарной щели, внутрижелудочковое кровоизлияние с гемотампонадой желудочковой системы; г – повреждение ВСС в задней трети, внутричерепная гематома правой затылочной доли, двусторонние очаги ушиба  
Examples of intracranial damages encountered in gunshot midline traumatic brain injuries: а – damage of the frontal sinus, contusion focus and intracerebral hematoma in the right frontal lobe; б – damage of the superior sagittal sinus (SSS), bone fragments along the midline in the projection of the falx, lateral direction of the wound channel with its hematoma; в – damage of SSS in the middle third with the formation of a parasagittal subdural hematoma in the interhemispheric fissure, intraventricular hemorrhage with hemotamponade of the ventricular system; г – damage of the SSS in the posterior third, intracerebral hematoma of the right occipital lobe, bilateral contusion foci

В случаях повреждения лобной пазухи, ячеек решетчатого лабиринта осуществляли краниализацию лобной пазухи, изоляцию и тампонаду ее свободным жировым лоскутом в сочетании с герметизацией дефекта твердой мозговой оболочки (ТМО) основания черепа. Во всех случаях осуществляли расширяющую пластику ТМО (фрагментом апоневроза, широкой фасцией бедра или искусственной ТМО ХеноDura) (рис. 5).

#### Нейровизуализация в послеоперационном периоде

Контрольные СКТ головного мозга выполняли в плановом порядке в первые 24 ч после операции. При СКТ оценивали состояние срединных структур, внутричерепных гематом, очагов ушиба после хирургической санации, полноценность удаления костных отломков, наличие послеоперационных изменений. Данные послеоперационных СКТ демонстрировали положительную динамику. Послеоперационных осложнений не отмечалось (рис. 6).

#### Оценка первичных результатов хирургического лечения

Летальность среди оперированных больных составила 7 % (1 пациент) и была обусловлена тяжестью сочетанного ранения.

Неврологический статус пациентов был без отрицательной динамики. В течение 1–3 сут после операции пациенты переведены на следующий этап лечения без ухудшений по ШКГ.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на накопленный большой опыт лечения раненых нейрохирургического профиля, огнестрельные

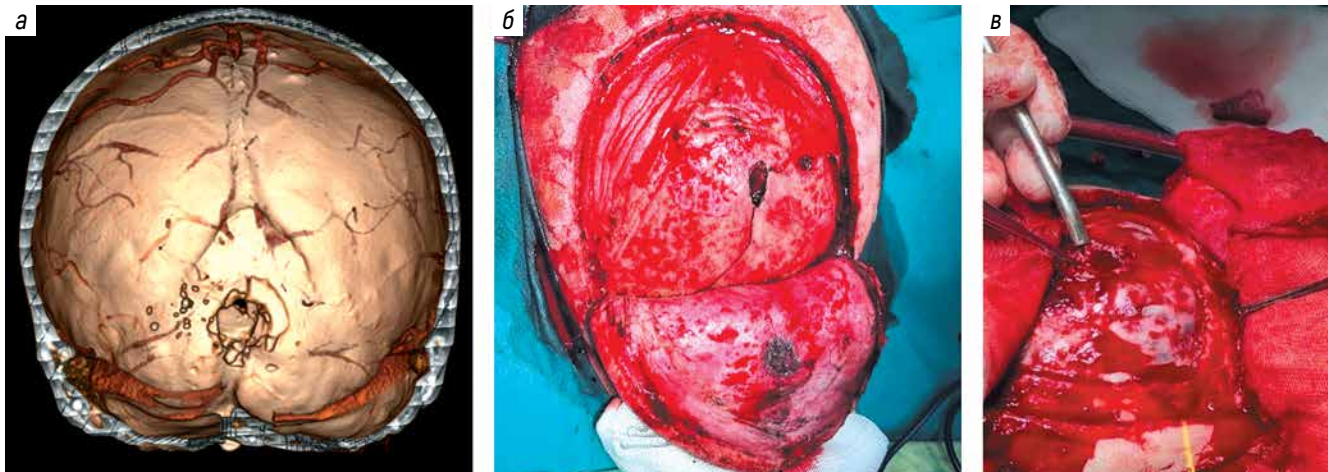


Рис. 4 | Fig. 4

Клинический пример заднего парасагитального огнестрельного черепно-мозгового ранения срединной линии с повреждением верхнего сагиттального синуса в задней трети: *а* – спиральная компьютерно-томографическая ангиография головного мозга. Определяются входное отверстие, костные отломки, травматическая окклюзия верхнего сагиттального синуса в средней трети; *б* – интраоперационная фотография после отведения кожного лоскута. Определяется огнестрельный перелом костей черепа по срединной линии; *в* – интраоперационная фотография после краниотомии. Осуществляется санация раневого канала  
Clinical case of posterior midline parasagittal gunshot head wound with the damage of superior sagittal sinus in its posterior third: *a* – computed tomography angiography of the brain. The entry wound, bone fragments, and traumatic occlusion of the superior sagittal sinus in its middle third are visible; *б* – intraoperative image after retraction of the skin flap. A gunshot fracture of the skull bones along the midline is visible; *в* – intraoperative image after craniotomy. The wound canal is being debridement

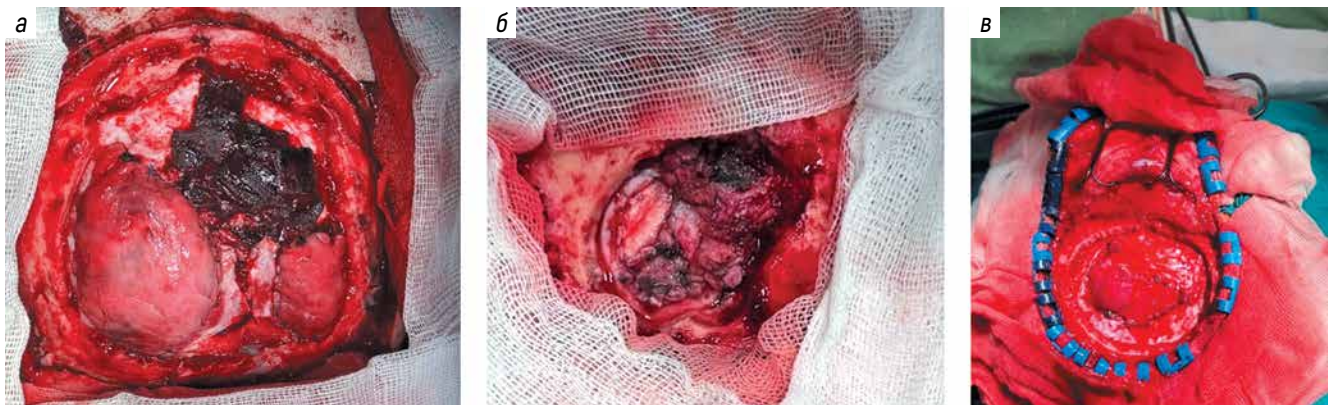


Рис. 5 | Fig. 5

Интраоперационные фотографии пластики раневого дефекта верхней стенки верхнего сагиттального синуса (ВСС): *а* – пластика дефекта средней трети ВСС методом сшивания сходящихся лоскутов; *б* – пластика дефекта задней трети ВСС свободным апоневротическим лоскутом; *в* – расширяющая пластика твердой мозговой оболочки

Intraoperative images demonstrating the plastic surgery of the wound defect of the superior sagittal sinus (SSS) upper wall: *a* – plasty of the defect of the SSS middle third by suturing converging flaps; *б* – plastic surgery of the defect of SSS posterior third by a free aponeurotic flap; *в* – expansion plastic surgery of the dura mater

ранения головы остаются одной из сложнейших проблем современной нейрохирургии [9].

У пациентов с ОЧМР СЛ клиническая и неврологическая верификация характера повреждения часто ограничена тяжестью состояния и нарушением сознания. Основным методом диагностики характера черепно-мозгового повреждения являлся рентгенологический с использованием СКТ. Оценка повреждений сосудистых структур головного мозга осуществлялась с помощью СКТ-ангиографии.

Определено, что при простом лобарном повреждении одной доли мозга прогноз лучше, чем в случаях, когда ранящий снаряд пересекает срединно-сагитальную или фронтально-коронарную плоскость, при этом самая высокая смертность наблюдается при пересечении обеих плоскостей [10].

В проекции срединной линии черепа и головного мозга расположены критические сосудистые структуры, как венозные (верхний, нижний сагиттальные, прямой, поперечные синусы, синусовый сток, вена Галена), так

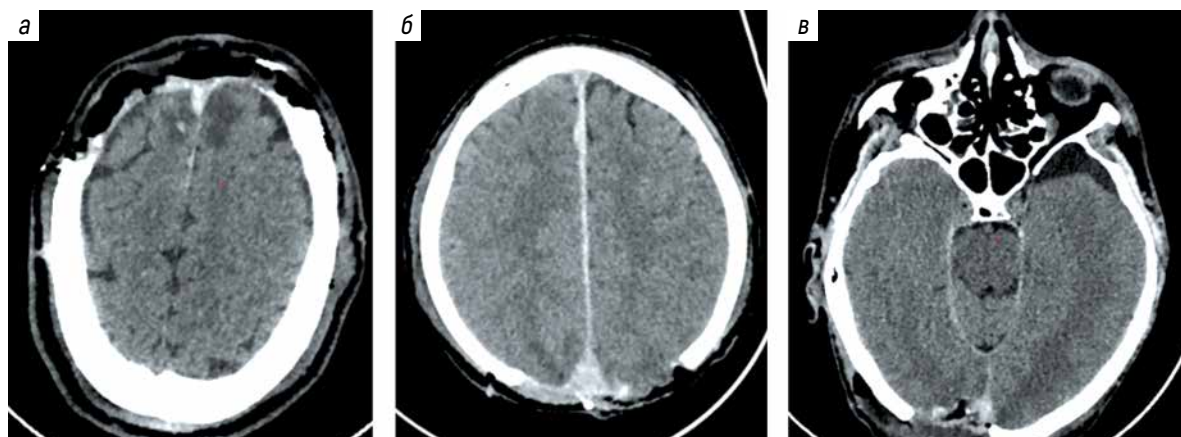


Рис. 6 | Fig. 6

Контрольные спиральные компьютерные томограммы после операции по поводу переднего церебрального (а), среднего церебрального (б) и заднего церебрального (в) огнестрельного черепно-мозгового ранения срединной линии

Control computed tomograms after surgery for anterior cerebral (a), middle cerebral (b) and posterior cerebral (v) gunshot middle traumatic brain injury

и артериальные (перикаллезные, каллозомаргинальные, задние мозговые артерии). Срединные церебральные структуры (ствол мозга, гипоталамус, III желудочек, мозолистое тело, парацентральные структуры лобных, теменных и затылочных долей) относятся к функционально значимым. Воздухоносные структуры основания черепа (клиновидная, лобная пазухи, решетчатый лабиринт) являются потенциальным источником инфицирования и воротами мозговых грыж и ликвореи. Возможно, именно поэтому в нашей выборке отсутствовали пациенты с трансбазальными (орофациальными) ранениями, вероятно, погибшие на догоспитальном этапе ввиду повреждения критических структур ствола головного мозга.

Если диаметральные и диагональные ЧМР в ряде случаев можно рассматривать как совокупность 2 радиарных ранений, то ОЧМР СЛ следует выделять в отдельную сложную группу повреждений. В случаях, когда имеет место повреждение сосудистых структур, возникает необходимость в экстренном нейрохирургическом лечении. Необходимы остановка кровотечения, пластика венозных синусов, герметизация ТМО.

Описаны 4 потенциальных механизма, объясняющих тяжесть состояния пациента с повреждением срединных структур: 1) ушиб промежуточного мозга и среднего мозга; 2) диффузный отек, приводящий к острой внутричерепной гипертензии; 3) локальные повреждения, сопровождаемые перифокальным отеком, приводящим к компрессии ствола головного мозга; 4) повреждения крупных сосудов с массивным кровотечением, формированием гематом [11]. Мы также к этому относим травматическую раневую или базальную ликворею, пневмоцефалию, наличие венозного церебрального инфаркта вследствие затруднения венозного оттока (тромбоз, стеноз или окклюзия ве-

нозных синусов), отек-набухание головного мозга, массивные субарахноидальные и субдуральные парасагитальные кровоизлияния, аксиальную дислокацию. Именно из-за описанных факторов при ОЧМР СЛ высока летальность, а большинство раненых погибают в догоспитальном периоде на этапах медицинской эвакуации до поступления на уровень оказания специализированной нейрохирургической помощи.

Характер повреждения венозных структур обусловлен как направлением хода раневого канала, так и боковым ударом ранящего снаряда, воздействующим на стенки ВСС. Большое влияние оказывают острые костные отломки, повреждающие либо сдавливающие синус, вызывая его стеноз с сохранением частичной проходимости или травматическую окклюзию. Повреждения ВСС, парасагитальных вен приводят к внутричерепному кровотечению с формированием внутримозговой гематомы, гематомы по ходу раневого канала и характерной субдуральной гематомы межполушарной щели. Также часто отмечается двустороннее формирование внутримозговых гематом.

Интраоперационное кровотечение из ВСС является сложной хирургической проблемой в нейротравматологии. Пластика стенок ВСС осуществляется укладкой фрагмента апоневроза/надкостницы/протеза ТМО/сосудистого протеза на область дефекта с дополнительной фиксацией швами. При небольших разрывах целостность стенки может быть восстановлена аппликацией марок из адгезивной коллагеновой пленки (Тахокомб). В отдельных случаях, при невозможности восстановления, осуществляется перевязка ВСС. В ряде случаев применяется сходящаяся пластика ТМО встречными лоскутами. Линейные повреждения ВСС и крупных вен могут быть ушиты герметичным швом атравматической нитью 5/0–7/0. Перевязка



9. Храпов Ю.В., Алексеев Д.Е., Свистов Д.В. Новая концепция организации и содержания помощи по профилю «Нейрохирургия» в армии США в ходе вооруженных конфликтов начала XXI века. Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени Н.Н. Бурденко 2017;81(1):108–17. DOI: 10.17116/neiro2017807108-117  
Khrapov Yu.V., Alekseev D.E., Svistov D.V. A new concept of organization and scope of neurosurgical care in the US army during armed conflicts in the early 2000s. Zhurnal Voprosy neyrokhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery 2017;81(1):108–17. (In Russ., In Engl.) DOI: 10.17116/neiro2017807108-117
10. Lillard P.L. Five years experience with penetrating craniocerebral gunshot wounds. Surg Neurol 1978;9:78–83.
11. Shoung H.M., Sichez J.P., Pertuiset B. The early prognosis of craniocerebral gunshot wounds in civilian practice as an aid to the choice of treatment. A series of 56 cases studied by the computerized tomography. Acta Neurochir (Wien) 1985;74(1-2):27–30. DOI: 10.1007/BF01413272
12. Chhabra R., Gupta S.K., Mohindra S. et al. Distal anterior cerebral artery aneurysms: bifrontal basal anterior interhemispheric approach. Surg Neurol 2005;64(4):315–9, discussion 320. DOI: 10.1016/j.surneu.2005.03.038
13. Shrivastava R.K., Segal S., Camins M.B. et al. Harvey Cushing's Meningiomas text and the historical origin of resectability criteria for the anterior one third of the superior sagittal sinus. J Neurosurg 2003;99(4):787–91. DOI: 10.3171/jns.2003.99.4.0787
14. DiMeco F., Li K.W., Casali C. et al. Meningiomas invading the superior sagittal sinus: surgical experience in 108 cases. Neurosurgery 2008;62(6 (Suppl. 3)):1124–35. DOI: 10.1227/01.neu.0000333779.73940.c4
15. Schaller B., Graf R., Sanada Y. et al. Hemodynamic changes after occlusion of the posterior superior sagittal sinus: an experimental PET study in cats. AJNR Am J Neuroradiol 2003;24(9):1876–80.
16. Schaller B., Graf R., Wienhard K., Heiss W.D. A new animal model of cerebral venous infarction: ligation of the posterior part of the superior sagittal sinus in the cat. Swiss Medical Weekly 2003;133(29–30):412–8.
17. Caroli E., Rocchi G., D'Andrea G. et al. Management of the entered frontal sinus. Neurosurg Rev 2004;27:286–8. DOI: 10.1007/s10143-004-0335-8
18. Karaman E., Hacizade Y., Isildak H. et al. Pott's puffy tumor. J Craniofac Surg 2008;19:1694–7. DOI: 10.1097/SCS.0b013e31818b432e
19. Meetze K., Palmer J.N., Schlosser R.J. Frontal sinus complications after frontal craniotomy. Laryngoscope 2004;114:945–8. DOI: 10.1097/00005537-200405000-00031
20. Schramm V.L.J., Maroon J.C. Sinus complications of frontal craniotomy. Laryngoscope 1979;89 (Pt 1):1436–45. DOI: 10.1002/lary.5540890909
21. Freeman J.L., Winston K.R. Breach of posterior wall of frontal sinus: management with preservation of the sinus. World Neurosurg 2015;83:1080–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2014.12.023
22. Ioannides C., Freihofer H.P., Vrieus J. et al. Fractures of the frontal sinus: a rationale of treatment. Br J Plast Surg 1993;46:208–14. DOI: 10.1016/0007-1226(93)90170-g
23. Patel R.S., Yousem D.M., Maldjian J.A. et al. Incidence and clinical significance of frontal sinus or orbital entry during pterional (frontotemporal) craniotomy. AJNR Am J Neuroradiol 2000;21:1327–30.
24. Kocamer Şimşek B., Dokur M., Uysal E. et al. Characteristics of the injuries of Syrian refugees sustained during the civil war. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg 2017;23(3):199–206. DOI: 10.5505/tjtes.2016.95525

#### Вклад авторов | Authors' contributions

С.А. Ландик, Р.И. Исаев: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи;  
Д.В. Свистов: разработка концепции и дизайна исследования, редактирование;  
В.Е. Чернов: сбор и обработка материала;  
А.В. Федоренков, С.И. Карпенко: предоставление материалов исследования.  
S.A. Landik, R.I. Isaev: study concept and design development, data collection and processing, article writing;  
D.V. Svistov: study concept and design development, editing;  
V.E. Chernov: data collection and processing;  
A.V. Fedorenkov, S.I. Karpenko: study materials provision.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

С.А. Ландик / S.A. Landik: <https://orcid.org/0000-0001-7482-0368>  
Р.И. Исаев / R.I. Isaev: <https://orcid.org/0009-0002-0079-3728>  
Д.В. Свистов / D.V. Svistov: <https://orcid.org/0000-0002-3922-9887>  
В.Е. Чернов / V.E. Chernov: <https://orcid.org/0000-0003-4882-2444>

#### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

#### Финансирование | Funding

Исследование проведено без спонсорской поддержки.  
The study was performed without external funding.

#### Соблюдение прав пациентов и правил биоэтики | Compliance with patient rights and principles of bioethics

Протокол исследования одобрен комитетом по биомедицинской этике ОГБУЗ «Городская больница № 2 г. Белгорода».  
The study protocol was approved by the biomedical ethics committee of City Hospital No. 2 of Belgorod.

Статья поступила | Article submitted: 26.08.2025.  
Рецензия | Peer reviewed: 14.11.2025.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Современные аспекты стереотаксической биопсии опухолей центральной нервной системы: проблема неинформативных результатов

## Контакты:

Алексей Александрович  
Веселков  
[AVeselkov@nsi.ru](mailto:AVeselkov@nsi.ru)

С.А. Маряшев<sup>1</sup>, А.А. Веселков<sup>1</sup>, Е.А. Трубников<sup>1</sup>, М.В. Рыжова<sup>1</sup>, А.В. Гаврюшин<sup>1</sup>,  
Д.Х. Баграгунян<sup>2</sup>, Г.Л. Кобяков<sup>1</sup>, А.А. Поддубский<sup>1</sup>, И.Н. Пронин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ «Национальный медицинский исследовательский центр нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко»  
Минздрава России; Россия, 125047 Москва, 4-я Тверская-Ямская ул., 16;

<sup>2</sup>ФГАУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет); Россия,  
119435 Москва, Большая Пироговская ул., 2, стр. 4

**Введение.** Современная нейроонкология требует морфологической и молекулярно-генетической верификации опухолей центральной нервной системы для выбора оптимальной тактики лечения. Несмотря на высокую информативность методов нейровизуализации, окончательный диагноз в большинстве случаев может быть установлен только на основании данных гистологического исследования ткани. Стереотаксическая биопсия (СТБ) является минимально инвазивным методом получения диагностического материала, однако проблема неинформативных результатов сохраняет клиническую значимость.

**Цель исследования** – оценить диагностическую эффективность и выявить основные причины неинформативных результатов СТБ опухолей головного мозга.

**Материалы и методы.** Проведен ретроспективный анализ 172 СТБ, выполненных в НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко в 2023–2024 гг. Всем пациентам выполнены комплексное нейровизуализационное обследование (компьютерная томография, магнитно-резонансная томография), а также гистологическое и молекулярно-генетическое исследование биопсийного материала.

**Результаты.** Диагностическая информативность СТБ составила 92,4 % ( $n = 159$ ), при повторном пересмотре препаратов – 95,9 % ( $n = 165$ ). Основной причиной неинформативных результатов биопсий ( $n = 7$ ) были технические ошибки при планировании, а именно некорректный выбор точки цели. Наличие диагностически значимого материала при срочном исследовании было статистически значимо ассоциировано с итоговой информативностью биопсии.

**Заключение.** СТБ остается высокоэффективным и относительно безопасным методом получения диагностического материала при опухолях головного мозга. В условиях современной нейроонкологии она имеет ключевое значение для морфологической и молекулярной верификации, определяющей тактику лечения. Для повышения точности и воспроизводимости процедуры целесообразны внедрение интраоперационного контроля и унификация стандартов выполнения СТБ.

**Ключевые слова:** стереотаксическая биопсия, опухоль головного мозга, опухоль центральной нервной системы, диагностическая информативность, диагностическая точность, неинформативная биопсия, гистологическая верификация, молекулярно-генетическая диагностика, интраоперационная гистология, нейроонкология

**Для цитирования:** Маряшев С.А., Веселков А.А., Трубников Е.А. и др. Современные аспекты стереотаксической биопсии опухолей центральной нервной системы: проблема неинформативных результатов. Нейрохирургия 2026;28(2):67–76.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-67-76>

## Contemporary approaches to stereotactic biopsy of central nervous system tumors: challenges of non-diagnostic results

S.A. Maryashev<sup>1</sup>, A.A. Veselkov<sup>1</sup>, E.A. Trubnikov<sup>1</sup>, M.V. Ryzhova<sup>1</sup>, A.V. Gavryushin<sup>1</sup>, D.Kh. Bagratunyan<sup>2</sup>, G.L. Kobayakov<sup>1</sup>,  
A.A. Poddubskiy<sup>1</sup>, I.N. Pronin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Medical Research Center of Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko, Ministry of Health of Russia; 16 4<sup>th</sup> Tverskaya-Yamskaya St., Moscow 125047, Russia;

<sup>2</sup>Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia (Sechenov University); Build. 4, 2 Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow 119435, Russia

**Contacts:** Aleksey Aleksandrovich Veselkov AVeselkov@nsi.ru

**Background.** Modern neuro-oncology requires morphological and molecular genetic verification of central nervous system tumors to determine the optimal treatment strategy. Despite the high information yield of neuroimaging methods, a definitive diagnosis in most cases can only be established based on histological tissue examination. Stereotactic biopsy (STB) is a minimally invasive method for obtaining diagnostic material; however, the problem of uninformative results remains clinically significant.

**Aim.** To assess the diagnostic effectiveness and identify the main causes of non-diagnostic results of STB in patients with brain tumors.

**Materials and methods.** A retrospective analysis of 172 STB performed at the National Medical Research Center of Neurosurgery named after Academician N.N. Burdenko in 2023–2024 was conducted. All patients underwent comprehensive neuroimaging (computed tomography and magnetic resonance imaging) as well as histological and molecular genetic examination of the biopsy specimens.

**Results.** The diagnostic yield of STB was 92.4 % ( $n = 159$ ) and increased to 95.9 % ( $n = 165$ ) after repeat histological review. The main cause of non-diagnostic biopsies ( $n = 7$ ) was technical planning errors, primarily incorrect target selection. The presence of diagnostically significant tumor tissue at intraoperative (frozen-section) examination was statistically significantly associated with the final diagnostic yield of the procedure.

**Conclusion.** STB remains a highly effective and relatively safe method for obtaining diagnostic material in patients with brain tumors. In the era of modern neuro-oncology, it plays a key role in morphological and molecular verification, which determines treatment strategy. The implementation of intraoperative histological control and the standardization of STB protocols may further improve diagnostic accuracy and procedural reproducibility.

**Keywords:** stereotactic biopsy, brain tumor, central nervous system tumor, diagnostic yield, diagnostic accuracy, non-diagnostic biopsy, histological verification, molecular diagnostics, intraoperative histology, neuro-oncology

**For citation:** Maryashev S.A., Veselkov A.A., Trubnikov E.A. et al. Contemporary approaches to stereotactic biopsy of central nervous system tumors: challenges of non-diagnostic results. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):67–76.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-67-76>

## ВВЕДЕНИЕ

Гистологическая верификация опухолей головного мозга имеет ключевое значение, поскольку именно она определяет последующую тактику лечения. Отсутствие морфологического подтверждения, особенно при подозрении на опухолевую природу, может привести к серьезным ошибкам: назначению неадекватной химио- или лучевой терапии либо, напротив, необоснованному отказу от потенциально эффективного лечения вследствие неправильной оценки степени злокачественности [1].

Современные методы нейровизуализации не обладают достаточной специфичностью для определения как гистологического типа, так и молекулярно-генетических особенностей опухоли. В связи с этим в большинстве случаев окончательный диагноз возможен только после морфологического исследования ткани [2, 3].

Материал для морфологического исследования может быть получен двумя основными способами: в ходе открытого хирургического вмешательства либо посредством стереотаксической биопсии (СТБ). Последняя характеризуется меньшей инвазивностью

и предпочтительна в случаях, когда выполнение открытой биопсии сопряжено с высоким риском осложнений. В то же время ограниченный объем биопсийного материала может снижать диагностическую точность метода [1–4]. В литературе описаны отдельные факторы, ассоциированные с получением неинформативных результатов СТБ, однако их комплексный и систематизированный анализ остается недостаточным [1–6].

**Цель исследования** – проанализировать результаты применения СТБ в серии наблюдений и выявить ключевые факторы, обуславливающие диагностические неудачи.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование является ретроспективным и выполнено на базе НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко. В исследование включены 172 пациента с новообразованиями головного мозга, которым проведены диагностика и лечение в период с января 2024 г. по июнь 2025 г. Критериями включения служили наличие объемного образования центральной нервной системы (ЦНС), подтвержденное методами

нейровизуализации, выполненная СТБ с последующим гистологическим исследованием, а также полный комплекс предоперационного обследования.

Все вмешательства выполняли по стандартизованному протоколу. На этапе предоперационной подготовки под местной анестезией 2 % раствором ропивакаина пациентам устанавливали стереотаксическую раму CRW с локализаторами. Проводили компьютерную томографию (КТ) головного мозга до и после внутривенного контрастирования (мультисрезовый сканер GE, толщина срезов 0,625 мм). Полученные данные КТ в раме совмещали с дооперационными изображениями магнитно-резонансной томографии (МРТ), преимущественно в режиме 3D-T1 с контрастированием (SPGR/FSPGR, толщина среза 1,0 мм), а также с T2 и T2-FLAIR. Совмещение выполняли на рабочей станции с использованием программы NeuroSight Arc®, где осуществляли проверку точности регистрации, выбор мишени и построение траектории биопсии. Точность сопоставления оценивали по костным ориентирам и анатомическим структурам мозга.

Расчетные координаты и углы наклона переносили на фантом рамы CRW, после чего исполнительное кольцо фиксировали к основному кольцу рамы. Под местной анестезией через тrefинационное отверстие диаметром 2 мм пенетрировали твердую мозговую оболочку и по рассчитанной траектории вводили иглу Нашольда на заданную глубину. Выполняли забор нескольких фрагментов ткани, которые направляли на гистологическое исследование.

Гистологическое исследование включало фиксацию материала в 10 % нейтральном забуференном формалине в течение 24 ч с последующей парафиновой заливкой. Из полученных блоков готовили срезы, окрашенные гематоксилином и эозином. Помимо световой микроскопии выполняли иммуногистохимическое и молекулярно-генетическое исследования по показаниям. Анализ проводили в отделении патоморфологии НМИЦ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко.

В раннем послеоперационном периоде всем пациентам выполняли контрольную КТ головного мозга для исключения осложнений.

Статистический анализ проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics 27. Для оценки различий в пропорциях между группами применяли критерий  $\chi^2$ . Во всех анализах статистически значимыми считали различия при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Среди 172 пациентов по данным нейровизуализации в большинстве случаев (66 %;  $n = 114$ ) были выявлены многодолевые поражения. У остальных 58 (34 %) пациентов новообразования затрагивали одну анатомическую область. Среди них половину ( $n = 29$ ) составляли опухоли таламуса и ствола мозга.

Для планирования биопсии в большинстве наблюдений (77 %;  $n = 132$ ) применяли программное обеспечение Integra с совмещением предоперационной МРТ и интраоперационной КТ. В остальных случаях расчет координат для проведения биопсии проводили по альтернативным методикам, включая расчет только по интраоперационной КТ с помощью программы Integra (12 %;  $n = 21$ ) или Stereocalc (8 %;  $n = 14$ ), вычисление координат на навигационной станции Medtronic (3 %;  $n = 5$ ). В связи с ограничениями используемого программного обеспечения совмещение данных позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с КТ, с МРТ не проводилось. Тем не менее информация о метаболической активности очага учитывалась при выборе точки цели для биопсии. Объем полученного биопсийного материала варьировал от 0,05 до 1 см<sup>3</sup>.

У 107 (64 %) пациентов по данным срочного гистологического исследования были выявлены глиомы различной степени анаплазии. Лимфомы диагностированы в 32 (20 %) случаях. Значительно реже определялись некроз ( $n = 1$ ), кровоизлияние ( $n = 2$ ), метастазы ( $n = 2$ ) и герминомы ( $n = 3$ ). У 11 (6 %) пациентов срочное исследование не проводилось, а в 3 наблюдениях полученные данные не позволили однозначно интерпретировать характер поражения.

По результатам окончательного гистологического исследования диагноз был уточнен. Число пациентов с глиальными опухолями увеличилось до 114 (68 %), с лимфомами – до 37 (22 %). Дополнительно подтверждены 2 случая метастатического поражения, 3 герминомы и выявлена 1 пинеоцитома. В 2 наблюдениях изменения носили неопухолевый характер.

Ухудшение неврологического статуса в первые сутки после вмешательства отмечено у 8,7 % ( $n = 15$ ) пациентов. У 12 из них дефицит носил умеренный характер и был обусловлен увеличением зоны перифокального отека. У 3 пациентов выявлено кровоизлияние в зоне биопсии, сопровождавшееся выраженным неврологическим дефицитом (в 2 случаях – при лимфомах, в 1 – при глиобластоме). Геморрагическое пропитывание опухоли у пациента с глиобластомой не потребовало хирургического вмешательства, тогда как в остальных 2 случаях из-за выраженного отека, сопровождавшегося дислокацией, выполнено удаление гематомы.

Отдельно были проанализированы случаи неинформативных результатов биопсий. В 13 (7 %) наблюдениях по результатам окончательного гистологического исследования опухолевый материал не выявлен.

В 54 % ( $n = 7$ ) этих случаев причиной неинформативного результата являлись технические ошибки планирования, а именно некорректный выбор точки цели. В 57 % ( $n = 4$ ) наблюдений отсутствие диагностически значимого материала отмечалось как при срочном, так и при окончательном гистологическом исследовании.

Таблица 1 | Table 1

Гистологические результаты у пациентов с некорректным выбором точки цели  
Histological results in patients with incorrect target point selection

№	Локализация Location	Срочная гистология Intraoperative histology	Окончательная гистология Final histology
1	Височная доля Temporal lobe	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
2	Височная доля Temporal lobe	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia	Мозговая ткань Brain tissue
3	Продолговатый мозг Medulla oblongata	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
4	Продолговатый мозг Medulla oblongata	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
5	Лобная + теменная доли Frontal + parietal lobes	Злокачественная глиома Malignant glioma	Мозговая ткань Brain tissue
6	Теменная + затылочная доли Parietal + occipital lobes	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue
7	Лобная + височная + теменная доли Frontal + temporal + parietal lobes	Диффузная глиома Diffuse glioma	Мозговая ткань Brain tissue

У 3 (43 %) пациентов срочное исследование подтвердило наличие опухолевой ткани, однако при окончательном морфологическом анализе информативный материал не получен (табл. 1).

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 1

**Пациент А., 45 лет, СТБ новообразования теменной и затылочной долей правого полушария головного мозга (рис. 1, а).**

До операции заболевание проявлялось головными болями и кратковременными головокружениями при поворотах туловища. Данные проявления наблюдались в течение полугода.

Во время операции под местной анестезией установлено стереотаксическое кольцо CRW с последующим выполнением расчетного КТ-сканирования с координатной корзиной, в ходе которого визуализирован гиперденсный очаг в затылочной доле правого полушария, накапливающий контрастное вещество (рис. 1, б). После совмещения с предоперационными данными МРТ спланирована точка цели в зоне гиперинтенсивного сигнала правой затылочной доли, определена траектория доступа с расчетной глубиной 90 мм. Траектория смоделирована по данным расчетной МРТ и затем на фантоме, после чего была выполнена биопсия — получен фрагмент патологической ткани серого цвета. Дополнительно проведен забор материала на 1 см ниже основной точки цели, откуда получены участки белого вещества.

В послеоперационном периоде не отмечалось нарастания неврологического дефицита.

Результат срочной биопсии: полиморфноклеточная глиальная опухоль. Результат окончательной биопсии:

морфологическая картина и иммунофенотип соответствуют мозговой ткани с глиальной гиперплазией, убедительных элементов опухоли не выявлено.

По данным послеоперационной КТ участок забора материала до и после заглубления оказался латеральнее и кзади от расчетной точки цели (рис. 1, в).

Таким образом, в ходе выполнения биопсии была допущена ошибка при предоперационном расчете точки цели, траектории и глубины забора материала. Для ее предотвращения необходимо при планировании выбирать точку цели с учетом траектории заглубления, а при совмещении на фантоме ориентироваться на середину рабочего окна иглы или учитывать смещение в 9–10 мм при определении глубины введения. Это позволит более точно нацелиться на измененные ткани и минимизировать риск получения неинформативных образцов.

В оставшихся 46 % ( $n = 6$ ) наблюдений отмечена иная ситуация: при окончательном морфологическом исследовании патологические изменения не выявлены, несмотря на то что точка биопсии располагалась в зоне измененного сигнала по данным нейровизуализации, что подтверждалось результатами послеоперационной КТ. При дополнительном пересмотре препаратов опухолевая природа процесса была верифицирована в 50 % ( $n = 3$ ) случаев. В остальных наблюдениях выявлены дистрофические изменения мозгового вещества, воспалительная инфильтрация и глиальная гиперплазия (табл. 2).

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ 2

**Пациент М., 65 лет, СТБ новообразования лобно-теменно-затылочной области (рис. 2, а).**

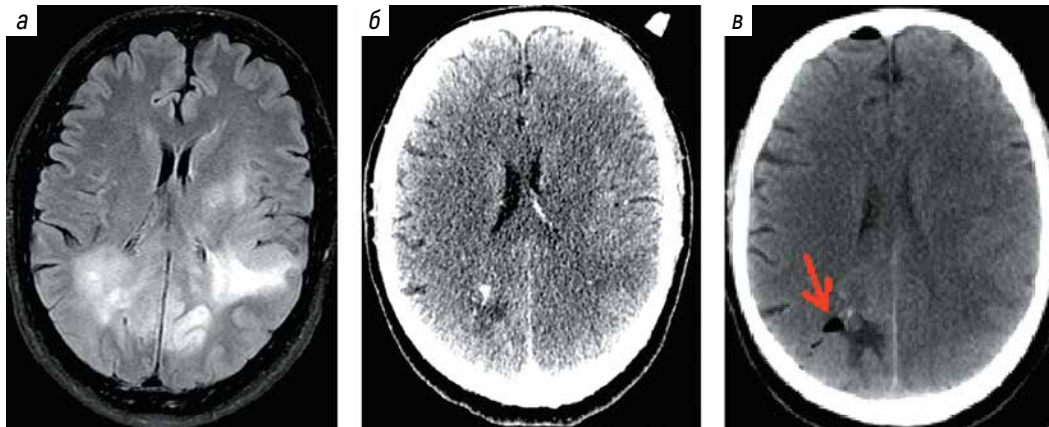


Рис. 1 | Fig. 1

Клинический случай 1. Мультифокальное новообразование головного мозга: *а* – дооперационная магнитно-резонансная томография (FLAIR, аксиальная проекция): области гиперинтенсивного сигнала в затылочных долях с обеих сторон, левой подкорковой области; *б* – интраоперационная компьютерная томография с контрастным усилением (аксиальная проекция): участок гиперденсного сигнала, соответствующий участку накопления контрастного вещества в правой затылочной доле; *в* – послеоперационная компьютерная томография (аксиальная проекция): участок гиподенсного сигнала, соответствующий месту биопсии (стрелка) и находящийся вне зоны накопления контрастного вещества

Clinical case 1. Multifocal brain lesion: *a* – preoperative magnetic resonance imaging (FLAIR, axial view): areas of hyperintense signal in both occipital lobes and the left subcortical region; *b* – intraoperative contrast-enhanced computed tomography (axial view): hyperdense area corresponding to contrast enhancement in the right occipital lobe; *v* – postoperative computed tomography (axial view): hypodense area corresponding to the biopsy site (arrow), located outside the contrast-enhancing zone

Таблица 2 | Table 2

Гистологические результаты у пациентов с корректным выбором точки цели и неинформативным результатом  
Histological results in patients with correct target point selection and non-diagnostic outcome

№	Локализация Location	Срочная гистология Intraoperative histology	Окончательная гистология Final histology	Гистология после пересмотра Histology after review
1	Таламус Thalamus	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia	Мозговая ткань Brain tissue	Воспалительная инфильтрация Inflammatory infiltration
2	Лобная + височная доли Frontal + temporal lobes	Диффузная астроцитомы Diffuse astrocytoma	Мозговая ткань Brain tissue	Диффузная астроцитомы Grade II Diffuse astrocytoma, Grade II
3	Височная доля Temporal lobe	Лимфома Lymphoma	Мозговая ткань Brain tissue	Лимфома Lymphoma
4	Теменная доля + мозолистое тело Parietal lobe + corpus callosum	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue	Дистрофия Dystrophic changes
5	Затылочная доля + мозолистое тело Occipital lobe + corpus callosum	Диффузная астроцитомы Diffuse astrocytoma	Мозговая ткань Brain tissue	Диффузная астроцитомы Grade III Diffuse astrocytoma, Grade III
6	Мозолистое тело Corpus callosum	Мозговая ткань Brain tissue	Мозговая ткань Brain tissue	Глиальная гиперплазия Glial hyperplasia

До операции заболевание проявлялось частыми эпизодами головной боли и нарушениями речи, наблюдавшимися в течение месяца.

После местной анестезии было установлено стереотаксическое кольцо CRW с последующим выполнением расчетной КТ с координатной корзиной (шаг 1 мм). На изображениях выявлен гиперденсный очаг в теменно-затылочной области слева, накаплива-

ющий контрастное вещество (рис. 2, б). После совмещения данных КТ и МРТ точка цели была выбрана по центру зоны повышенного сигнала в теменно-затылочной области слева. В операционной выполнено моделирование траектории на фантоме, затем осуществлен забор материала из расчетной точки и на 4 мм глубже, получен фрагмент патологической ткани серого цвета.

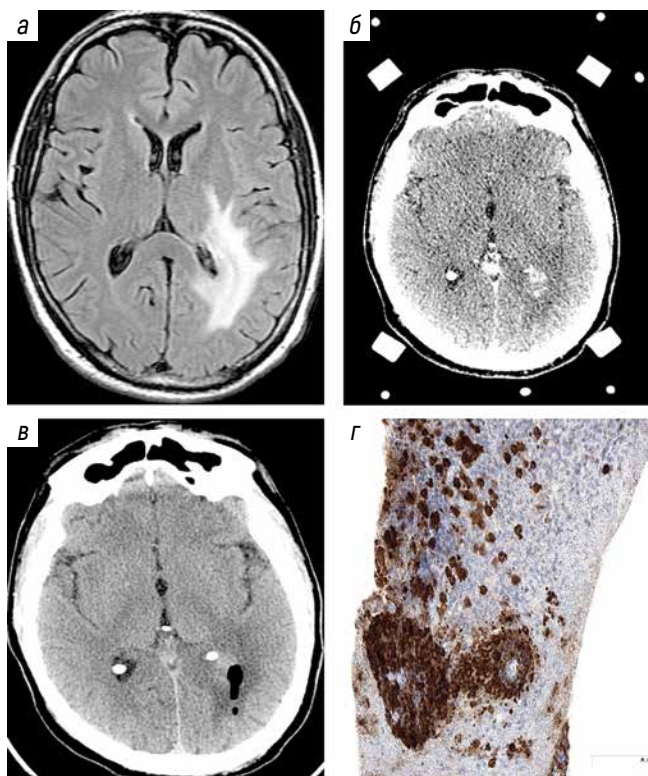


Рис. 2 | Fig. 2

Клинический случай 2. Новообразование височной и затылочной долей слева: а – дооперационная магнитно-резонансная томография (FLAIR, аксиальная проекция): область неоднородного гиперинтенсивного сигнала в височной и затылочной долях слева; б – интраоперационная компьютерная томография с контрастным усилением (аксиальная проекция): участок гиперденсного сигнала, соответствующий участку накопления контрастного вещества в левой затылочной доле; в – послеоперационная компьютерная томография (аксиальная проекция): участок гиподенсного сигнала, соответствующий месту биопсии (стрелка) и находящийся в зоне накопления контрастного вещества; г – иммуногистохимическое исследование ( $\times 200$ ): лимфома, позитивность к CD79

Clinical case 2. Tumor involving the left temporal and occipital lobes: а – preoperative magnetic resonance imaging (FLAIR, axial view): area of heterogeneous hyperintense signal in the left temporal and occipital lobes; б – intraoperative contrast-enhanced computed tomography (axial view): hyperdense area corresponding to contrast enhancement in the left occipital lobe; в – postoperative computed tomography (axial view): hypodense area corresponding to the biopsy site (arrow), located within the contrast-enhancing region; г – immunohistochemistry ( $\times 200$ ): lymphoma, positive for CD79

В послеоперационном периоде не отмечено нарастания неврологической симптоматики. По данным послеоперационной КТ участок взятия материала располагался в латеральных отделах зоны накопления контраста (рис. 2, в).

Результат окончательной биопсии: фрагменты глиальной ткани с участками распада, выраженными механически индуцированными изменениями и единичным фокусом диффузной лимфоидной инфильтрации. Результат биопсии после повторного пересмотра: В-клеточная лимфома ЦНС (рис. 2, г).

Таким образом, даже при корректном выборе точки цели и ее подтверждении по данным послеоперационного

нейровизуализационного контроля возможно получение неинформативного морфологического результата. В подобных ситуациях причиной может являться забор материала из перифокальной зоны опухоли, морфологически не содержащей опухолевых клеток. В рассматриваемом случае при первичном морфологическом исследовании патологический материал интерпретирован как фрагменты глиальной ткани с единичным фокусом лимфоидной инфильтрации, однако при повторном пересмотре гистологических препаратов была верифицирована В-клеточная лимфома ЦНС. Данное наблюдение подчеркивает целесообразность повторного морфологического анализа и пересмотра всех полученных биопсийных фрагментов при отрицательном результате исследования, особенно в случаях, когда положение биопсийной иглы подтверждено в пределах патологического очага по данным нейровизуализации.

Таким образом, с учетом повторного пересмотра гистологических препаратов итоговый показатель информативности СТБ составил 95,9 % ( $n = 165$ ).

Для оценки факторов, ассоциированных с успешностью биопсии, были проанализированы дооперационные данные МРТ пациентов. Оценивали следующие параметры: объем гиперинтенсивной зоны опухоли в режиме FLAIR, объем контрастируемой части, объем некротической зоны, суммарный объем контрастируемой и некротической частей, а также соотношение контрастируемой и гиперинтенсивной зон, некротической и контрастируемой частей, некротической зоны и объема гиперинтенсивной части по FLAIR. Кроме того, анализировали успешность срочного гистологического исследования.

По результатам анализа ни один из перечисленных радиологических параметров, за исключением успешности срочного исследования, статистически значимого влияния на итоговую информативность биопсии не оказал (табл. 3).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Гистологическое исследование с молекулярно-генетическим анализом остается основным методом нейроонкологической диагностики, обеспечивая более высокую диагностическую точность по сравнению с нейровизуализацией (95–97 % против 80–85 %), а также позволяя выявлять молекулярные маркеры в соответствии с критериями классификации Всемирной организации здравоохранения 2021 г. [6–8].

Получение патологического материала возможно как при открытом хирургическом вмешательстве, так и посредством СТБ. Открытая биопсия позволяет получить достаточный объем ткани для комплексного морфологического и молекулярного анализа. Однако в ситуациях труднодоступной локализации очага, тяжелого состояния пациента или высокого хирургического риска предпочтение отдается СТБ как менее инвазивному методу.

Таблица 3 | Table 3

Оценка факторов, влияющих на информативность материала после проведения стереотаксической биопсии  
Assessment of factors influencing the diagnostic yield of stereotactic biopsy

Фактор Factor	Статистическая значимость $p$ Statistical significance $p$
Объем интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Volume of the hyperintense tumor component on MRI FLAIR	0,202
Объем контрастируемой части опухоли Volume of the contrast-enhancing tumor component	0,416
Объем некротической части опухоли Volume of the necrotic tumor component	0,723
Общий объем контрастируемой и некротической частей Total volume of contrast-enhancing and necrotic components	0,525
Отношение контрастируемой части опухоли к интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Ratio of contrast-enhancing component to hyperintense component on MRI FLAIR	0,647
Отношение некротической части опухоли к интенсивной части опухоли в режиме MPT FLAIR Ratio of necrotic component to hyperintense component on MRI FLAIR	0,672
Отношение некротической части опухоли к контрастируемой части опухоли Ratio of necrotic component to contrast-enhancing component	0,184
Успешность срочной биопсии Diagnostic success of intraoperative biopsy	<0,001

Примечание. MPT – магнитно-резонансная томография.  
Note. MRI – magnetic resonance imaging.

Стереотаксическая биопсия занимает устойчивое место в клинической практике благодаря возможности прицельного забора материала при минимальной травматичности. По данным литературы, информативность метода варьирует от 72,8 до 99,2 %, что во многом обусловлено различиями в критериях оценки результатов [9–12].

Выделяют 3 подхода к интерпретации диагностической эффективности:

- при использовании «мягких» критериев любой результат, отличный от нормальной мозговой ткани, расценивается как успешный (81,3–98,2 %) [9, 10, 13, 14];
- при строгих критериях успешным считается только получение конкретно верифицированного гистологического диагноза (72,8–94,5 %) [15];

- при неуточненных критериях диагностическая результативность составляет 95,2–99,2 % [16].

При очаговых поражениях диаметром более 15 мм информативность достигает 97–99 % [6, 7, 17]. Существенную роль при этом играет не только объем материала, но и квалификация морфолога, способного оценить гетерогенность опухоли.

В настоящем исследовании применялись строгие критерии оценки: биопсия считалась диагностически успешной при получении материала, достаточного для определения гистологического типа, степени злокачественности и молекулярных характеристик опухоли. В этих условиях информативность метода составила 92,4 %, а после дополнительного гистологического анализа увеличилась до 95,9 %. Основной причиной неинформативных биопсий больше чем в половине случаев (54 %) являлись технические ошибки, преимущественно связанные с некорректным выбором точки цели.

Помимо необходимости правильного выбора точки цели, важно учитывать предполагаемую траекторию забора материала. Идеальная траектория должна следовать по длиннику патологического процесса, позволяя брать материал поэтапно, обеспечивая более полную информацию о гистоархитектонике опухоли. В 3 случаях в нашей серии наличие опухолевой ткани только при срочной биопсии указывало, что изначально игла попадала в расчетную точку в опухоли, но после заглубления попадала в перифокальную зону или вовсе выходила из зоны интереса.

Одним из ключевых ограничений СТБ остается отсутствие прямого визуального контроля положения биопсийной иглы в момент забора материала, что может снижать вероятность получения репрезентативного образца. В клинической практике частичной компенсации этого ограничения является проведение срочного (интраоперационного) гистологического исследования [18, 19].

По данным литературы, степень совпадения срочных и окончательных гистологических заключений остается высокой. Так, в ретроспективном анализе 5000 биопсий окончательный диагноз был установлен в 95,4 % случаев, при этом результаты экспресс-исследования совпадали с окончательным заключением в 91 % наблюдений [8]. Наибольшие расхождения отмечались при анапластических астроцитомах и олигодендроглиомах, тогда как при глиобластомах и астроцитомах II степени совпадение было максимальным.

При биопсии опухолей ствола мозга и мозжечка степень соответствия срочного и окончательного заключений ниже (72–74 %), что связано как с техническими особенностями вмешательства, так и с выраженной гистологической гетерогенностью данных новообразований [14, 20].

В настоящем исследовании наличие диагностически значимого материала при срочном исследовании показало статистически значимую связь с итоговой информативностью биопсии. Эти данные подтверждают целесообразность систематического применения интраоперационного гистологического контроля в ходе стереотаксических процедур.

Для повышения диагностической результативности рекомендуется забор материала из наиболее измененных участков опухоли, преимущественно из зон контрастного накопления по данным МРТ или КТ, чаще всего в дистальном отделе биопсийной траектории. Дополнительную морфологическую информацию обеспечивает поэтажный забор ткани через каждые 5–7 мм хода инструмента.

Несмотря на традиционное представление о СТБ как о малоинвазивной методике, результаты исследования показали, что процедура не лишена риска клинически значимых осложнений. В нашей серии раннее послеоперационное нарастание неврологического дефицита отмечено у 8,7 % пациентов. В большинстве наблюдений оно было умеренным и связано с увеличением перифокального отека, однако у 3 пациентов выявлены геморрагические осложнения, причем в 2 случаях потребовалось хирургическое удаление гематомы. Эти данные подчеркивают, что термин «малоинвазивность» следует рассматривать не как синоним отсутствия риска, а как характеристику меньшего объема хирургического доступа и операционной травмы по сравнению с открытыми вмешательствами.

Новизна настоящего исследования заключается в комплексном анализе причин неинформативных результатов СТБ на крупной клинической серии наблюдений. В отличие от большинства опубликованных работ, посвященных преимущественно оценке общей диагностической эффективности метода, в данном исследовании проведен детальный анализ механизмов диагностических неудач с учетом особенностей планирования вмешательства, траектории биопсийной иглы и результатов срочного морфологического исследования. Ключевым фактором, определяющим итоговую информативность процедуры, является получение

диагностически значимого материала при срочном гистологическом исследовании, тогда как радиологические характеристики опухоли, включая объем различных компонентов по данным МРТ, не оказывают статистически значимого влияния на результат биопсии.

Перспективными направлениями повышения эффективности и безопасности СТБ являются:

- унификация критериев оценки диагностической результативности;
- оптимизация алгоритмов планирования и забора материала;
- расширение применения интраоперационных методов контроля качества биоптата;
- разработка протоколов повторной биопсии;
- использование интраоперационной микроскопии и технологий искусственного интеллекта при планировании вмешательства.

Междисциплинарное взаимодействие нейрохирургов, нейрорадиологов и патоморфологов остается ключевым условием повышения диагностической эффективности метода. Дальнейшие исследования должны быть направлены на совершенствование методики с учетом клинических категорий пациентов и гистологических типов опухолей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стереотаксическая биопсия остается эффективным методом морфологической верификации опухолей ЦНС и позволяет получить диагностически значимый материал при меньшем объеме хирургического доступа по сравнению с открытыми вмешательствами. Вместе с тем метод не лишен риска клинически значимых осложнений, что требует тщательного планирования точки цели, траектории забора материала и интраоперационного контроля качества биоптата. В эпоху молекулярной нейроонкологии ее значение определяется возможностью комплексного гистологического и генетического анализа, необходимого для персонализации лечения. Современные технологии нейровизуализации и интраоперационного контроля способствуют повышению диагностической результативности и безопасности процедуры.

## Литература | References

- Kim J.E. Stereotactic biopsy for intracranial lesions: reliability and safety. *Neurosurgery* 2003;52(1):58–62. DOI: 10.1227/01.NEU.0000057137.24514.6C
- Apuzzo M.L.J., Chandrasoma P.T., Cohen D. et al. Computed imaging stereotaxy: experience and perspective related to 500 procedures applied to brain masses. *Neurosurgery* 1987;20(6):930–7. PMID: 3500462.
- Dammers R., Schouten J.W., Haitsma I.K. et al. Towards improving the safety and diagnostic yield of stereotactic biopsy in a single centre. *Acta Neurochir (Wien)* 2010;152(11):1915–21. DOI: 10.1007/s00701-010-0711-6
- Callovin G.M. Correlation with final histological diagnosis in supratentorial gliomas: is it appropriate to redefine the indication for stereotactic brain biopsy in the MRI era? *Minim Invasive Neurosurg* 2008;51(2):109–13. DOI: 10.1055/s-2008-1074336
- Waters J.D., Vachhrajani S., Chambers W. et al. Diagnostic yield of stereotactic needle biopsies of intracranial lesions <1 cm. *Surg Neurol Int* 2013;4:176. DOI: 10.4103/2152-7806.122418
- Katzenobler S., Birski M., Ghazale H. et al. Diagnostic yield and complication rate of stereotactic serial biopsy: a multicenter analysis of >1,200 patients. *Clin Neurol Neurosurg* 2022;220:107296. DOI: 10.1016/j.clineuro.2022.107296
- Takahashi H., Sugai T., Uzuka T. et al. [Complications and diagnostic yield of stereotactic biopsy for the patients with malignant brain tumors]. *No Shinkei Geka* 2004;32(2):135–40. Japanese. PMID: 15031974
- Mathon B., Amelot A., Mokhtari K., Bielle F. Increasing the diagnostic yield of stereotactic brain biopsy using intraoperative histological smear. *Clin Neurol Neurosurg* 2019;186:105544. DOI: 10.1016/j.clineuro.2019.105544
- Pasternak K.A., Michael K.W., Warneke N. et al. Evaluation of 311 contemporary cases of stereotactic biopsies: diagnostic yield and management of nondiagnostic cases. *Neurosurg Rev* 2021;44(5):2597–609. DOI: 10.1007/s10143-020-01394-0
- Malaizé H., Laigle-Donadey F., Riche M. et al. Roles and outcomes of stereotactic biopsy for adult brainstem lesions: diagnostic yield and safety. *J Neurosurg* 2022;136(2):297–307. DOI: 10.3171/2021.6.JNS211109
- Singh M., Waseem Ahamed T.P., Maurya V.P. et al. Stereotactic biopsy for brain lesions: doing more with less. *J Neurosci Rural Pract* 2024;15(1):95–102. DOI: 10.25259/JNRP\_258\_2023
- Vijian K., Lau B.L., Kanesen D. et al. Improving diagnostic yield and accuracy of stereotactic biopsies through changes in practice and techniques: an 8-year single-center comparative study. *Asian J Neurosurg* 2024;19(4):701–6. DOI: 10.1055/s-0044-1789593
- Kumar R., McQuinn M.W., Pais A.B. et al. Comparison of diagnostic yields, operative times, and post-operative hemorrhage between twist drill versus burr hole craniotomy approaches for stereotactic needle brain biopsy. *Neurosurg Rev* 2024;47(1):819. DOI: 10.1007/s10143-024-03015-6
- He L., He D., Qi Y. et al. Stereotactic biopsy for brainstem lesions: a meta-analysis of diagnostic yield. *Cancer Control* 2021;28:10732748211059858. DOI: 10.1177/10732748211059858
- Louis D.N., Perry A., Wesseling P. et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Neuro Oncol* 2021;23(8):1231–51. DOI: 10.1093/neuonc/noab106
- Chen C.C., Hsu P.W., Wu T.W. et al. Stereotactic brain biopsy: single-center retrospective analysis of complications and outcomes. *Clin Neurol Neurosurg* 2009;111(10):835–9. DOI: 10.1016/j.clineuro.2009.08.013
- Jain D., Sharma M.C., Sarkar C. et al. Correlation of diagnostic yield of stereotactic brain biopsy with number of biopsy bits and site of the lesion. *Brain Tumor Pathol* 2006;23(2):71–5. DOI: 10.1007/s10014-006-0204-y
- Castle M., Nájera E., Samprón N. et al. Frameless stereotactic biopsy: diagnostic yield and complications. *Neurocirugia (Astur)* 2014;25(2):56–61. Spanish. DOI: 10.1016/j.neucir.2013.11.003
- Taweomboonyat C., Tunthanathip T., Sae-Heng S., Oearsakul T. Diagnostic Yield and Complication of Frameless Stereotactic Brain Biopsy *J Neurosci Rural Pract* 2019;10(1):78–84. DOI: 10.4103/jnpr.jnpr\_166\_18
- Arbit E., Galicich J.H. Importance of image-guided stereotactic biopsy to confirm diagnosis in an oncological setting. *Ann Surg Oncol* 1994;1(5):368–72. DOI: 10.1007/BF02303807

## Вклад авторов | Authors' contributions

С.А. Маряшев: разработка дизайна исследования, формальный анализ;  
 А.А. Веселков: обзор публикаций по теме статьи;  
 Е.А. Трубников: обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи;  
 М.В. Рыжова: разработка дизайна исследования, рецензирование и редактирование текста статьи;  
 А.В. Гаврюшин, А.А. Поддубский: сбор данных, статистический анализ полученных данных;  
 Д.Х. Багратунян: написание текста статьи;  
 Г.Л. Кобяков: рецензирование и редактирование текста статьи, методология и научное руководство исследования;  
 И.Н. Пронин: методология и научное руководство исследования.  
 Все авторы одобрили окончательную версию статьи.  
 S.A. Maryashev: developing the research design, formal analysis;  
 A.A. Veselkov: reviewing of publications of the article's theme;  
 E.A. Trubnikov: reviewing of publications of the article's theme, article writing;  
 M.V. Ryzhova: developing the research design, article reviewing and editing;  
 A.V. Gavryushin, A.A. Poddubskiy: data collection, statistical analysis of the obtained data;  
 D.Kh. Bagratunyan: article writing;  
 G.L. Kobayakov: article reviewing and editing, methodology and scientific supervision of the study;  
 I.N. Pronin: methodology and scientific supervision of the study.  
 All authors approved the final version of the article.

## ORCID авторов | ORCID of authors

С.А. Маряшев / S.A. Maryashev: <https://orcid.org/0000-0002-0108-0677>

А.А. Веселков / A.A. Veselkov: <https://orcid.org/0000-0003-2500-3403>

Е.А. Трубников / E.A. Trubnikov: <https://orcid.org/0009-0005-9446-1469>

М.В. Рыжова / M.V. Ryzhova: <https://orcid.org/0000-0001-7206-6365>

А.В. Гаврюшин / A.V. Gavryushin: <https://orcid.org/0000-0002-8732-3114>

Д.Х. Багратунян / D.Kh. Bagratunyan: <https://orcid.org/0009-0001-8146-1890>

Г.Л. Кобяков / G.L. Kobayakov: <https://orcid.org/0000-0002-7651-4214>

А.А. Поддубский / A.A. Poddubskiy: <https://orcid.org/0000-0002-1366-918X>

И.Н. Пронин / I.N. Pronin: <https://orcid.org/0000-0002-4480-0275>

## Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

## Финансирование | Funding

Исследование выполнено при финансовой поддержке Минздрава России в рамках проекта «Биобанк» (грант № 075-15-2025-559).

The study was carried out with the financial support of the Russian Ministry of Health within the framework of the Biobank project (grant no. 075-15-2025-559).

## Соблюдение прав пациентов | Compliance with patient rights

Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

The patients gave written informed consent to the publication of their data.

Статья поступила | Article submitted: 01.03.2026.

Рецензия | Peer reviewed: 20.05.2026.

Принята к публикации | Accepted for publication: 20.05.2026.

Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Хирургическое лечение абсцесса левой лобной и височной долей у пациента с геморрагическим инсультом

**Контакты:**

Ренат Леонидович  
Камбиев  
[r.kambiev@mcclinics.ru](mailto:r.kambiev@mcclinics.ru)

Р.Л. Камбиев, В.Н. Рашидов, А.К. Медведская

Центральный клинический госпиталь «Лапино»; Россия, 143081 Московская обл., д. Лапино,  
1-е Успенское шоссе, 111

Осложнения геморрагического инсульта головного мозга в виде нагноения путаменальной гематомы слева – редкая ситуация в нейрохирургической практике. В статье представлено клиническое наблюдение хирургического лечения пациента с абсцессом – нагноившейся внутримозговой гематомой лобно-височной области. Микрохирургическое удаление и дренирование абсцесса с использованием нейронавигации, проведение антибактериальной терапии в соответствии с клиническими рекомендациями и чувствительностью препарата к микрофлоре позволили достичь хорошего результата, выполнить раннюю активизацию больного и сократить срок медико-социальной реабилитации.

**Ключевые слова:** абсцесс головного мозга, микрохирургическое дренирование, нейронавигация

**Для цитирования:** Камбиев Р.Л., Рашидов В.Н., Медведская А.К. Хирургическое лечение абсцесса левой лобной и височной долей у пациента с геморрагическим инсультом. Нейрохирургия 2026;28(2):77–81.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-77-81>

## Surgical treatment of left frontal and temporal lobes brain abscess in patient with hemorrhagic stroke

R.L. Kambiev, V.N. Rashidov, A.K. Medvedskaya

Central Clinical Hospital "Lapino"; 111 1<sup>st</sup> Uspenskoe Shosse, Lapino, Moscow region 143081, Russia

Contacts: Renat Leonidovich Kambiyev [r.kambiev@mcclinics.ru](mailto:r.kambiev@mcclinics.ru)

Complications of hemorrhagic stroke of the brain in the form of suppuration of the putaminal hematoma on the left is a rare situation in neurosurgical practice. The article presents a clinical observation of surgical treatment of a patient with an abscess: pus-filled intracranial hematoma of the frontotemporal area. Microsurgical resection and drain of the abscess using neuronavigation, antibacterial therapy in accordance with the clinical guidelines and the drug's sensitivity to the microflora allowed to achieve a good result, mobilize the patient early, and shorten the duration of medical and social rehabilitation.

**Keywords:** brain abscess, microsurgical drain, neuronavigation

**For citation:** Kambiev R.L., Rashidov V.N., Medvedskaya A.K. Surgical treatment of left frontal and temporal lobes brain abscess in patient with hemorrhagic stroke. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):77–81.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-77-81>

### ВВЕДЕНИЕ

Абсцесс головного мозга – это фокальная инфекционная патология, характеризующаяся скоплением гноя в головном мозге, окруженного васкуляризированной капсулой [1]. В развивающихся странах встречаемость абсцесса головного мозга составляет около 8 % от всех внутричерепных образований, а в разви-

тых странах – 1–2 %. Средний возраст больных – 40–50 лет, чаще заболеванием страдают мужчины. В развитых странах смертность от абсцесса головного мозга составляет до 25 % [2–5].

По данным современной литературы, предрасполагающим фактором в 40–50 % случаев является сопутствующий смежный очаг инфекции (синусит,

субарахноидальный или хронический средний отит, мастоидит); в 10 % — наличие открытой черепно-мозговой травмы; в 25 % — гематогенное распространение из отдаленного очага, например при сочетанных легочных, кожных, абдоминальных и тазовых инфекциях, эндокардите; в 15 % случаев описывается криптогенный характер возникновения абсцесса головного мозга (нераспознанный фокус) [6–9].

Представляем клиническое наблюдение редкого осложнения геморрагического инсульта — нагноения внутримозговой гематомы.

### КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

**Пациент 3., 54 года, поступил в Центральный клинический госпиталь «Лапино» по каналу скорой медицинской помощи в экстренном порядке.**

**Жалобы при осмотре не предъявлял из-за грубой моторной афазии.**

Пациент находился на стационарном лечении и проходил реабилитацию в стороннем учреждении в течение последнего месяца после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения по геморрагическому типу с формированием внутримозговой путаменальной гематомы слева, оперативное вмешательство по поводу внутримозговой гематомы не проводилось. Накануне госпитализации в Центральный клинический госпиталь «Лапино» отмечались повышение температуры до фебрильных значений, одышка, усугубление сознания до уровня глубокого оглушения.



Рис. 1 | Fig. 1

Магнитно-резонансная томография головного мозга с контрастированием в аксиальной проекции: картина глубоко расположенного абсцесса левой гемисферы с дополнительным участком абсцедирования во внутренней капсуле

Contrast-enhanced magnetic resonance imaging of the brain, axial projection: deep abscess of the left hemisphere with an additional area of abscessation in the internal capsule

*На момент поступления состояние пациента тяжелое. Уровень сознания — глубокое оглушение. Продуктивному контакту недоступен. Менингеальных знаков нет. Сглажена правая носогубная складка. Наблюдались девиация языка вправо, правосторонняя гемиплегия, патологические стопные знаки справа. Чувствительную и координаторную сферу оценить было невозможно ввиду тяжести состояния.*

Выполнены компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ) головного мозга с контрастированием, по данным которых наблюдались картина кистозной полости в левом полушарии головного мозга с толстой, контрастирующейся капсулой (возможно, с продуктами распада гемоглобина в структуре капсулы) и выраженным перифокальным отеком, вероятно, полости абсцесса; дислокация срединных структур вправо на 15 мм; признаки височно-тензориального вклинения слева на 6 мм (рис. 1, 2).

Учитывая анамнез, клинические и инструментальные данные, у пациента заподозрен глубоко расположенный абсцесс головного мозга левой лобно-височной локализации с распространением на перивентрикулярную область, выявлены очаги инфильтрации в области левого таламуса и внутренней капсулы, нарастание клинической картины дислокационного синдрома. Пациенту выполнено оперативное вмешательство в срочном порядке в объеме костно-пластической трепанации черепа в лобной области слева, удаления и дренирования внутримозгового абсцесса.

С помощью нейронавигационной станции BrainLab спланирована траектория хирургического доступа из точки Кохера. Выполнены линейный разрез в левой лобной области, краниотомия. Мозг отечный, пульсация головного мозга минимальная. Выполнена диссекция арахноидальной оболочки острым путем, доступ по траектории ранее установленной нейронавигации, глубина доступа до 8 см. Обнаружена плотная капсула серо-желтого цвета. После предварительной коагуляции капсула вскрыта острым путем, получено гнойное отделяемое под высоким давлением. С помощью аспиратора гнойные массы эвакуированы из полости абсцесса. Мозг запал, активно передает пульсацию. В полость абсцесса под прямым микроскопическим контролем установлена приточно-промывная система, подключена к закрытому контуру. Дренажная система выведена через контрапертуру.

На 1-е сутки после операции пациенту выполнена КТ головного мозга: состояние после микрохирургического удаления и дренирования абсцесса левой лобно-височной области; послеоперационные изменения лобной кости слева; дислокация срединных структур вправо на 12 мм (ранее до 15 мм). Положительная динамика в виде уменьшения смещения срединных структур, опорожнения полости абсцесса (рис. 3).

Послеоперационный период протекал без осложнений. Учитывая адекватное функционирование приточно-

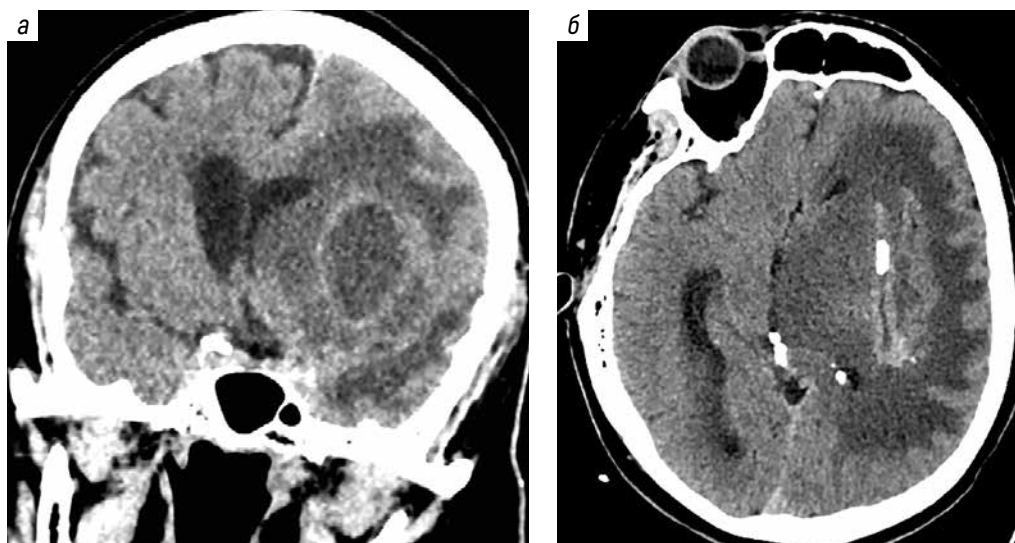


Рис. 2 | Fig. 2

Компьютерная томография головного мозга с контрастированием в коронарной (а) и аксиальной (б) проекциях: картина абсцесса головного мозга с плотной капсулой, выраженным перифокальным отеком и смещением срединных структур головного мозга слева вправо  
 Contrast-enhanced computed tomography of the brain, coronal (a) and axial (b) projections: brain abscess with a dense capsule, marked perifocal edema, and midline shift from left to right



Рис. 3 | Fig. 3

Компьютерная томография головного мозга в аксиальной (а) и коронарной (б) проекциях: картина установленной дренажной системы в полости абсцесса  
 Computed tomography of the brain, axial (a) and coronal (b) projections: drain system in the area of the abscess

*промывной системы, повторного оперативного вмешательства не потребовалось. Начаты реабилитационные мероприятия.*

*На 4-е сутки дренажная система была удалена, проведена КТ головного мозга: положительная динамика в виде дислокации срединных структур вправо на 10 мм (ранее до 12 мм).*

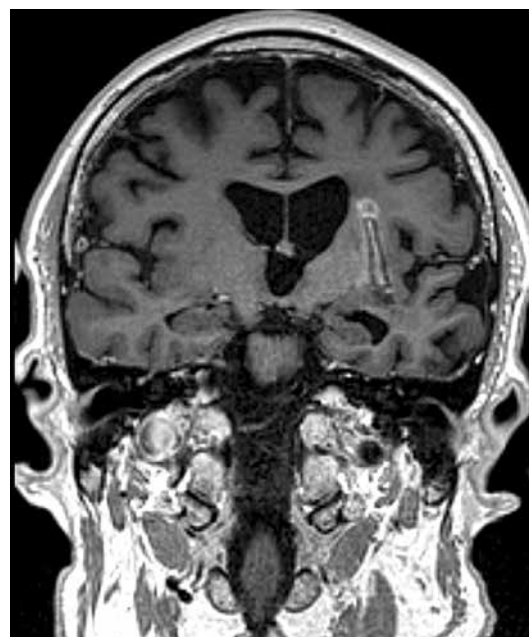


Рис. 4 | Fig. 4

Магнитно-резонансная томография головного в аксиальной (а) и коронарной (б) проекциях через 2 мес после оперативного лечения  
 Magnetic resonance imaging of the brain, axial (a) and coronal (b) projections, 2 months after surgical treatment

*В соответствии с Клиническими рекомендациями Ассоциации нейрохирургов России по диагностике и лечению абсцессов головного мозга, внутричерепных эпидуральных и субдуральных эмпием эмпирически назначена антибактериальная терапия широкого спектра действия —*

меропенем и ванкомицин [1]. При посеве гноя из полости абсцесса получен *Staphylococcus aureus*, чувствительный к меропенему и линезолиду.

На 18-е сутки общее состояние пациента расценивалось как средней тяжести, сознание ясное. Больной был доступен продуктивному контакту, ориентирован, выполнял сложные инструкции. Отмечалось сохранение слабости в правых конечностях. Глазодвигательных расстройств не было. Зрачки D=S, среднего размера, округлой формы, реакция на свет прямая и содружественная, сохранена. Сохранялась девиация языка. Отсутствовала менингеальная и патологическая симптоматика. Тазовые функции не нарушены. Был проведен комплекс лечебно-реабилитационных мероприятий, пациент активизирован. Отмечена стойкая положительная динамика в виде улучшения речепродукции, правосторонний гемипарез регрессировал до 3 баллов в ноге, до 3 баллов в руке. Пациент был выписан под наблюдение хирурга, терапевта и невролога по месту жительства с рекомендациями.

При МРТ, выполненной через 2 мес, отмечались кистозно-глиозные изменения в медиальных отделах левой височной доли, дислокации мозга не выявлено (рис. 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Нагноение путаменальной гематомы как осложнение геморрагического инсульта — редкое явление. Работ, посвященных этой теме, немного, в основном они описывают единичные наблюдения. Так, P. Carfagna и соавт. описали клиническое наблюдение геморрагического инсульта у мужчины 76 лет с глобальной афазией и правосторонней гемиплегией, у которого через 2 мес на месте первоначального инфаркта развились множественные абсцессы головного мозга. В посевах крови и при аспирации содержимого абсцесса обнаружен метициллинрезистентный золотистый стафилококк. Инфекция, вероятно, была вызвана гематогенным распространением после перенесенной аспирационной пневмонии. После нейрохирургического лечения был проведен 6-недельный курс терапии ванкомицином и, несмотря на улучшение, через 1 мес больной умер [10].

S. Sumioka и соавт. представили клиническое наблюдение хирургического лечения абсцесса с благоприятным исходом. Пациент был госпитализирован с геморрагическим инсультом. Ввиду небольшого размера гематомы пациенту проводилось консервативное

лечение. Через 2 мес у него возникла лихорадка, при лабораторных исследованиях выявлен выраженный воспалительный ответ. По данным КТ и МРТ установлено формирование абсцесса на месте гематомы со значительным отеком мозга, при исследовании спинномозговой жидкости выявлен менингит. Были проведены стереотаксическая аспирация гноя и дренирование полости абсцесса. При бактериологическом исследовании выявлена *Morganella morganii*. Послеоперационный период протекал без осложнений, полость абсцесса постепенно спала после ее дренирования и промывания [11].

Дифференциальная диагностика абсцессов головного мозга проводится с первичными и вторичными опухолями головного мозга, ишемическим или геморрагическим инсультом и энцефалитом. С внедрением в клиническую практику высокоинформативных методов нейровизуализации появилась возможность в кратчайшие сроки устанавливать дифференциальный диагноз и назначать своевременное лечение. Представленный клинический случай требовал срочного нейрохирургического вмешательства с учетом анамнестических данных, тяжелого неврологического статуса, полученных результатов нейровизуализации. Микрохирургический доступ и установка дренажной системы на всем протяжении под прямым нейрохирургическим контролем обусловлены исключительно объемом и плотностью капсулы абсцесса. Стоит отметить, что выбранная нейрохирургическая тактика отвечает принципам концепта минимально инвазивного вмешательства.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном клиническом случае хирургическое лечение проведено по жизненным показаниям, выбран эффективный минимально инвазивный метод хирургического лечения в объеме удаления и дренирования полости абсцесса с использованием нейрохирургической навигационной станции. В дальнейшем подбор антибактериальной терапии в соответствии с рекомендательным протоколом и чувствительностью к патогенной микрофлоре позволил снизить риски осложнений, достичь хорошего клинического результата и ранней активизации больного, а также уменьшить сроки реабилитации.

## Литература | References

1. Клинические рекомендации по диагностике и лечению абсцессов головного мозга, внутричерепных эпидуральных и субдуральных эмпием. Ассоциация нейрохирургов России, 2015. Clinical guidelines for the diagnosis and treatment of brain abscesses, intracranial epidural and subdural empyemas. Association of Neurosurgeons of Russia, 2015. (In Russ.).
2. Амчеславский В.Г., Шиманский В.Н., Шатворян Б.Р. Современная терапия абсцесса головного мозга. Российский медицинский журнал 2000;8(13–14). Amcheslavsky V.G., Shimansky V.N., Shatvoryan B.R. Modern therapy of brain abscess. Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal = Russian Medical Journal 2000;8(13–14). (In Russ.).

3. Горожанин А.В., Басков А.В. Нейрохирургия: руководство. Том 2. Лекции, семинары, клинические разборы. Под ред. О.Н. Древалю. М., 2013. С. 735–843. Gorozhanin A.V., Baskov A.V. Neurosurgery: a guide. Vol. 2. Lectures, seminars, clinical reviews. Ed.: O.N. Dreval. Moscow, 2013. Pp. 735–843. (In Russ.).
4. Brouwer M., Tunkel A., McKhann G., van de Beek D. Brain abscess. *N Engl J Med* 2014;371(5):447–56. DOI: 10.1056/NEJMr1301635
5. Muzumdar D., Jhavar S., Goel A. Brain abscess: an overview. *Int J Surg* 2011;9(2):136–44. DOI: 10.1016/j.ijssu.2010.11.005
6. Лебедев В.В., Крылов В.В. Неотложная нейрохирургия. Руководство для врачей. М.: Медицина, 2000. С. 339–365. Lebedev V.V., Krylov V.V. Emergency neurosurgery. Manual for physicians. Moscow: Meditsina, 2000. Pp. 339–365. (In Russ.).
7. Nathoo N., Nadvi S., Narotam P., Dellen J. Brain abscess: management and outcome analysis of a computed tomography era experience with 973 patients. *World Neurosurg* 2011;75(5–6):716–26. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.11.043
8. Piatt J.H. Jr. Intracranial suppuration complicating sinusitis among children: an epidemiological and clinical study. *J Neurosurg Spine* 2016;25(1):69–77. DOI: 10.3171/2011.3.PEDS10504
9. Tandon S., Beasley N., Swift A.C. Changing trends in intracranial abscesses secondary to ear and sinus disease. *J Laryngol Otol* 2009;123(3):283–8. DOI: 10.1017/S002221510800234X
10. Carfagna P., Bianco G., Pavoni G. et al. Cerebral abscesses due to methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* complicating stroke. *Eur J Int Med* 2000;11(1):51–4. DOI: 10.1016/S0953-6205(99)00067-9
11. Sumioka S., Kajikawa H., Yamamura K. et al. Putaminal abscess occurring at the site of hemorrhage: a case report. *No Shinkei Geka* 1996;24(9):859–63.

**Вклад авторов | Authors' contributions**

Р.Л. Камбиев: хирургическое лечение пациента, сбор данных по клиническому случаю, редактирование текста статьи;  
 В.Н. Рашидов: редактирование текста статьи;  
 А.К. Медведская: обзор литературы по теме статьи, написание текста статьи.  
 R.L. Kambiev: surgical treatment of the patient, collection data on a clinical case, article editing;  
 V.N. Rashidov: article editing;  
 A.K. Medvedskaya: review of the literature on the topic of the article, article writing.

**ORCID авторов | ORCID of authors**

Р.Л. Камбиев / R.L. Kambiev: <https://orcid.org/0000-0003-3694-4698>  
 В.Н. Рашидов / V.N. Rashidov: <https://orcid.org/0009-0008-7692-2091>  
 А.К. Медведская / A.K. Medvedskaya: <https://orcid.org/0000-0001-9448-391X>

**Конфликт интересов | Conflict of interest**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
 The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование | Funding**

Работа выполнена без спонсорской поддержки.  
 The work was performed without external funding.

**Соблюдение прав пациентов | Compliance with patient rights**

Пациент подписал информированное согласие на публикацию своих данных.  
 The patient gave written informed consent to the publication of his data.

Статья поступила | Article submitted: 03.09.2025.  
 Рецензия | Peer reviewed: 26.09.2025.  
 Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
 Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Одномоментное комбинированное удаление эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-селлярной соматотропиномы большого размера

## Контакты:

Владислав Андреевич  
Григорьев  
vlad160900@mail.ru

О.Ю. Богданова<sup>1-3</sup>, В.А. Григорьев<sup>4</sup>, В.В. Крылов<sup>1-4</sup>, А.Ю. Григорьев<sup>1,5</sup>, А.А. Гринь<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства России»; Россия, 123182 Москва, Волоколамское шоссе, 30, корп. 2;

<sup>3</sup>ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80;

<sup>4</sup>ФГАУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1;

<sup>5</sup>Государственный научный центр Российской Федерации ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии» Минздрава России; России, 117292 Москва, ул. Дмитрия Ульянова, 11

Эндоскопический эндоназальный доступ – эффективный метод удаления аденом гипофиза, включая опухоли со значительным интракраниальным распространением. Однако при сложных вариантах роста становится невозможным применение исключительно этого доступа. Современное развитие эндоскопических технологий в нейрохирургии и нейроанестезиологии позволяет выполнять одномоментные комбинированные (транскраниально-трансназальные) вмешательства по поводу аденом гипофиза со сложным распространением опухоли.

В статье представлено клиническое наблюдение, демонстрирующее успешное лечение пациентки с гормонально-активной аденомой гипофиза (соматотропиномой) с выраженным супра- и латероселлярным характером роста. Продемонстрирована возможность одномоментного удаления аденомы гипофиза больших размеров с использованием комбинированного одномоментного (транскраниального и трансназального) доступа с хорошим исходом.

**Ключевые слова:** эндоскопический эндоназальный доступ, аденома гипофиза, транскраниальный доступ, соматотропинома

**Для цитирования:** Богданова О.Ю., Григорьев В.А., Крылов В.В. и др. Одномоментное комбинированное удаление эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-селлярной соматотропиномы большого размера. Нейрохирургия 2026;28(2):82–7.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-82-87>

## One-stage combined removal of a large endo-, supra-, infra-, retro-, ante-, and latero(S)sellar somatotroph adenoma

O. Yu. Bogdanova<sup>1-3</sup>, V. A. Grigoryev<sup>4</sup>, V. V. Krylov<sup>1-4</sup>, A. Yu. Grigoryev<sup>1,5</sup>, A. A. Grin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Ploshchad, Moscow 129090, Russia;

<sup>2</sup>National Medical Research Center for Otorhinolaryngology, Federal Medical Biological Agency of Russia; Build. 2, 30 Volokolamskoye Shosse, Moscow 123182, Russia;

<sup>3</sup>Russian Center of Neurology and Neurosciences; 80 Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;

<sup>4</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia;

<sup>5</sup>National Medical Research Center for Endocrinology, Ministry of Health of Russia; 11 Dmitriya Ulyanova St., Moscow 117292, Russia

**Contacts:** Vladislav Andreyevich Grigoryev [vlad160900@mail.ru](mailto:vlad160900@mail.ru)

Endoscopic endonasal approach is an effective method for pituitary adenomas removing, including tumors with significant intracranial extension. However, with complex growth variants, it becomes impossible to use only this approach. The modern development of endoscopic technologies in neurosurgery and achievements in neuroanesthesiology allow performing the simultaneous combined (transcranial-transnasal) interventions for pituitary adenomas with complex tumor extension.

This article presents a clinical case demonstrating the treatment of a patient with a hormone-active pituitary adenoma (somatotropinoma) characterized by expressed supra- and laterosellar growth patterns. The possibility of simultaneous removal of large pituitary adenomas using a combined one-stage (transcranial and transnasal approaches) intervention with a good outcome has been demonstrated.

**Keywords:** endoscopic endonasal approach, pituitary adenoma, transcranial approach, somatotropinoma

**For citation:** Bogdanova O.Yu., Grigoryev V.A., Krylov V.V. et al. One-stage combined removal of a large endo-, supra-, infra-, retro-, ante-, and latero(S)sellar somatotroph adenoma. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):82-7.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-82-87>

## ВВЕДЕНИЕ

Эндоскопический эндоназальный доступ широко и успешно применяется при лечении пациентов с аденомами гипофиза (АГ) различных размеров и направлений роста относительно турецкого седла и позволяет добиться радикального удаления большинства подобных новообразований более чем в 95 % случаев. Однако существуют варианты роста опухоли, при которых применение только эндоскопического эндоназального доступа недостаточно, чтобы добиться радикального удаления образования. К ним относятся выраженное отклонение супраселлярной части опухоли латерально от средней линии, узкий перешеек между двумя крупными узлами опухоли, распространение опухоли латерально от кавернозного синуса. В таких случаях целесообразно применение транскраниального доступа.

При сочетании выраженного интракраниального распространения АГ с эндо-инфра-латероселлярным ростом рекомендовано проводить двухэтапные вмешательства. Последние подразумевают первым этапом удаление интракраниальной части опухоли, а через 3–4 мес (время для создания надежного герметизирующего рубца) – эндоскопическое эндоназальное удаление оставшегося фрагмента опухоли. Благодаря развитию нейроанестезиологии и нейрореанимации, появилась возможность проводить двухэтапные (транскраниально-трансназальные) операции одновременно в рамках одного анестезиологического пособия.

В данной работе представлено клиническое наблюдение одномоментной резекции эндо-экстраселлярной АГ (соматотропиномы) с выраженным интракраниальным распространением и применением комбинированного транскраниального и эндоскопического эндоназального доступов в рамках одного анестезиологического пособия.

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

**Пациентка Н., 37 лет, считает себя больной с 2017 г., когда стала отмечать изменение внешности, увеличение**

*размера пальцев рук, повышенную потливость, головную боль, нарушение менструального цикла. В 2020 г. эндокринологом заподозрена акромегалия. При гормональном исследовании от 2020 г.: инсулиноподобный фактор роста 1 (ИФР-1) – 619 нг/мл (норма до 311 нг/мл). При компьютерной томографии головного мозга с контрастным усилением выявлено эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-селлярное многоузловое образование со значительным латеральным левосторонним распространением супраселлярной части, размерами 2,7 × 3,0 × 3,5 см с компрессией III желудочка. Проведена проба с октреотидом короткого действия, в результате которой отмечено снижение уровня ИФР-1 до 590 нг/мл, что является низким прогностическим результатом для проведения консервативного лечения аналогами соматостатина (чувствительность к препаратам ниже 30 %). Пациентка получала октреотид пролонгированного действия 20 мг подкожно 1 раз в 28 дней в целях циторедукции опухоли, снижения ее активности. На фоне терапии пациентка отмечала улучшение самочувствия (уменьшение головной боли, потливости, общей слабости), однако, несмотря на клиническое улучшение состояния пациентки, при компьютерной томографии головного мозга в динамике через год выявлено увеличение размеров образования.*

*Пациентка была госпитализирована в отделение нейроэндокринологии и остеопатий ГНЦ НМИЦ эндокринологии для определения активности основного заболевания, коррекции проводимой терапии. При поступлении в местном статусе: акромегальные черты лица, увеличение кистей, стоп, прогнатизм, диастема. В ходе обследования подтверждена активная стадия акромегалии: ИФР-1 – 1240 нг/мл (норма до 311 нг/мл), соматотропный гормон – 24,7 нг/мл. По результатам осмотра офтальмолога: Vis OD = 0.4 Sph + 1.0 Cyl – 1.5 ax 170 = 1.0; Vis OS = 0.9 Sph + 0.5 Cyl – 1.25 ax 45 = 1.0. Глазное дно: границы четкие, монотонно-бледноватые, артерии сужены, вены в пределах нормы.*

*По данным магнитно-резонансной томографии головного мозга с контрастным усилением – АГ*

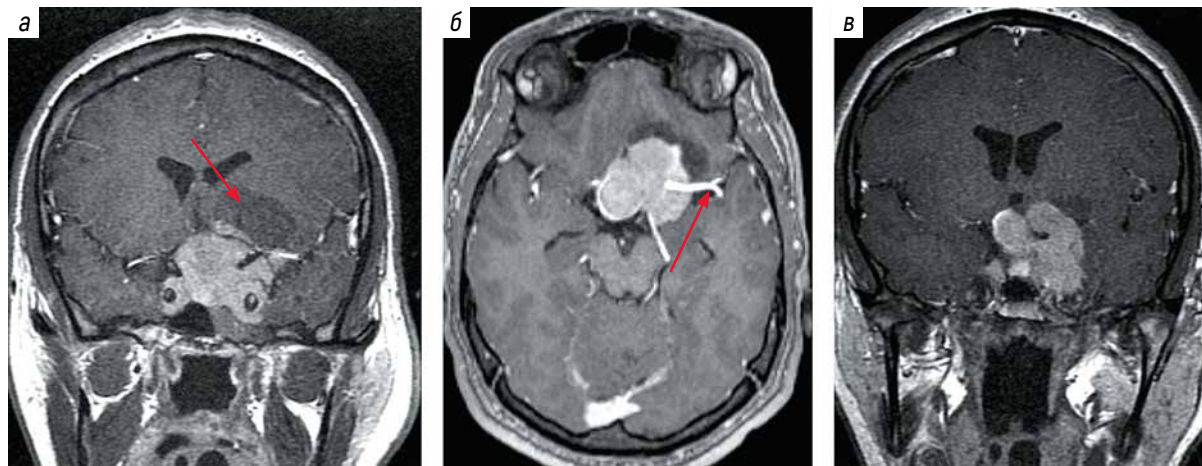


Рис. 1 | Fig. 1

Магнитно-резонансная томография головного мозга с контрастным усилением до оперативного вмешательства: а – коронарная проекция: опухоль с выраженным супраселлярным ростом, фрагмент опухоли, в том числе кистозный компонент (указан стрелкой), имеет значимое латеральное отклонение от средней линии влево; б – аксиальная проекция: ретро- и супраселлярные фрагменты опухоли, стрелкой показан М1-сегмент левой средней мозговой артерии, выходящей из стromы опухоли; в – коронарная проекция: выраженное ретро- и латероселлярное распространение, опухоль слева вовлекает кавернозный отдел левой внутренней сонной артерии (Кносп IV)

Brain magnetic resonance imaging with contrast enhancement before surgery: а – coronal projection: tumor with expressed suprasellar growth, tumor fragment, including the cystic component (indicated by the arrow), has a significant lateral deviation from the midline to the left; б – axial projection: retro- and suprasellar tumor fragments, the arrow shows the M1 segment of the left middle cerebral artery coming out of the tumor stroma; в – coronal projection: expressed retro- and laterosellar extension, the tumor on the left involves the cavernous part of the left internal carotid artery (Knosp IV)

с эндо-супра-инфра-ретро-анте-латеро-(S)-селлярным распространением размерами  $57 \times 40 \times 35$  мм (рис. 1).

Учитывая быстрый рост опухоли и отсутствие должного эффекта от консервативной терапии, а также особенности распространения опухоли (большой супраселлярный компонент с отклонением от средней линии латерально, вовлечение в стromу опухоли основных интракраниальных магистральных артерий), было принято решение о проведении одномоментного удаления опухоли с использованием комбинированного транскраниального и эндоскопического трансназального доступов.

Для проведения комбинированного хирургического лечения пациента была госпитализирована в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. Первым этапом проведена костно-пластическая трепанация черепа в левой лобно-височной области удалением АГ с использованием микрохирургической техники; вторым этапом – удаление остаточной части АГ эндоназальным эндоскопическим доступом.

В ходе транскраниального доступа, несмотря на плотную структуру опухолевой ткани, ее удалось поэтапно отделить от левой внутренней сонной артерии, левой средней мозговой артерии, передней мозговой, передней ворсинчатой и задней соединительной артерий и левого зрительного нерва. Опухоль удалена несколькими фрагментами. Оставлены фрагменты опухоли плотной консистенции, плотно спаянные с левой III парой черепных нервов, врастающими в левый кавернозный синус. В ходе удаления опорожнена опухолевая киста бурого цвета.

Во время эндоназального доступа выполнено удаление эндоселлярного фрагмента опухоли и произведено частичное удаление опухоли из левого кавернозного синуса. Удаление проводилось до появления артериальной крови из толщи остаточной ткани опухоли, находившейся в левом кавернозном синусе, латеральнее кавернозной части внутренней сонной артерии.

Реконструкция послеоперационного дефекта основания черепа проводилась с использованием ауто- и ксенотрансплантатов (Тахокомб, широкая фасция бедра и жировая ткань). Основные этапы эндоскопического эндоназального вмешательства представлены на рис. 2.

В раннем послеоперационном периоде у пациентки отмечались речевые нарушения, ухудшение зрения на левый глаз, которые носили транзиторный характер и регрессировали на 7-е сутки после операции. Отмечена и положительная динамика в виде исчезновения отеков и регресса головной боли. На рис. 3 представлена магнитно-резонансная томография с контрастным усилением на 3-и сутки после операции.

На 15-е сутки после операции пациентка выписана в удовлетворительном состоянии.

Через 6 мес пациентка госпитализирована в стационар по месту жительства для прохождения планового обследования в динамике. Отмечается нормализация уровня ИФР-1 – 195 нг/мл (норма до 311 нг/мл), уровень соматотропного гормона – 1,2 нг/мл (норма менее 8 нг/мл), кортизола – 11,8 нмоль/л (норма 150–500 нмоль/л), адренкортикотропного гормона – менее 5 пг/мл (норма

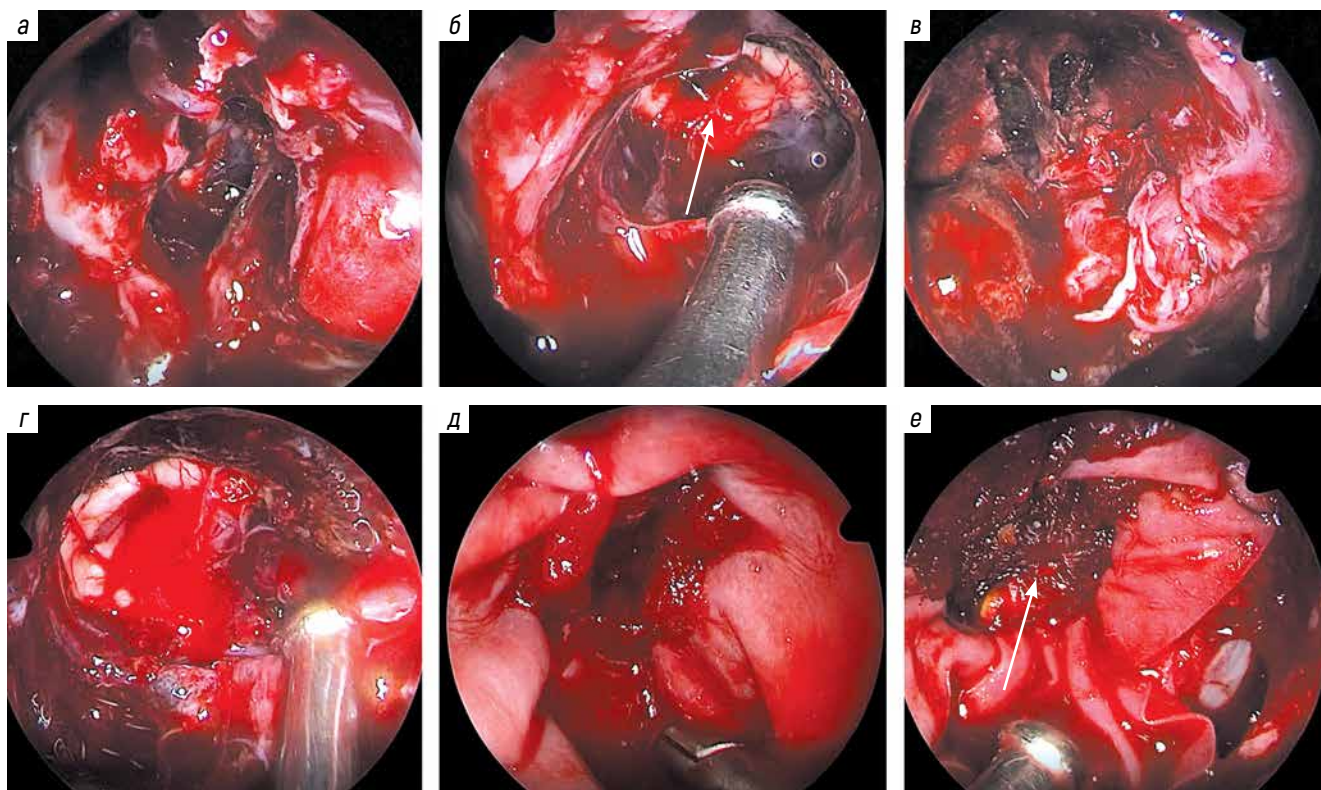


Рис. 2 | Fig. 2

Этапы эндоназального эндоскопического удаления аденомы гипофиза, вид с эндоскопа 30°: а – выделение опухоли от медиальной стенки правого кавернозного синуса, удаление эндоселлярной части опухоли единым фрагментом; б – вид после удаления эндо-супраселлярной части опухоли, визуализируются дно III желудочка и фрагмент хиазмы (указано стрелкой); в – левый кавернозный синус, плотные фрагменты опухоли частично удалены из него, наиболее плотные фрагменты, спаянные с кавернозным сегментом левой внутренней сонной артерии, оставлены; г – финальный вид операционного поля после удаления эндо-супра-латероселлярных частей аденомы гипофиза; д – реконструкция послеоперационного дефекта основания черепа с использованием аутоотрсплантата (широкая фасция бедра): выложена внутрь турецкого седла; е – реконструкция послеоперационного дефекта основания черепа, фрагмент жировой ткани уложен в полость турецкого седла (указан стрелкой)

The stages of endonasal endoscopic removal of pituitary adenoma, view from 30° endoscope: а – tumor dissection from medial wall of right cavernous sinus, removal of endosellar tumor part in one fragment; б – view after removal of endo-suprasellar tumor part floor of third ventricle and fragment of chiasm are visualized (indicated by arrow); в – left cavernous sinus, dense fragments of tumor are partially removed from it, the densest fragments, attached to cavernous segment of left internal carotid artery are left; г – final view of surgical field after removal of endo-supra-laterosellar parts of pituitary adenoma; д – reconstruction of postoperative skull base defect using autograft (fascia lata is laid inside sella turcica); е – reconstruction of a postoperative skull base defect, a fragment of adipose tissue is placed in the cavity of the sella turcica (indicated by the arrow)

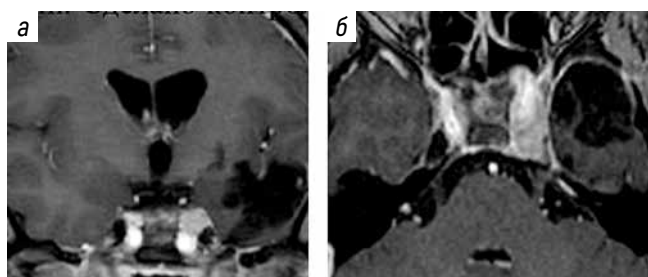


Рис. 3 | Fig. 3

Магнитно-резонансная томография головного мозга с контрастным усилением на 3-и сутки после операции: а – фронтальная проекция: в левом кавернозном синусе остаточный фрагмент опухоли размерами 8 × 9 мм; б – аксиальная проекция: в левом кавернозном синусе остаточный фрагмент опухоли  
Brain magnetic resonance imaging with contrast enhancement on the 3<sup>rd</sup> postoperative day: а – frontal projection: there is a residual tumor fragment measuring 8 × 9 mm in the left cavernous sinus; б – axial projection: there is a residual tumor fragment in the left cavernous sinus

менее 46 нг/мл). В целях коррекции вторичной надпочечниковой недостаточности назначена заместительная терапия преднизолоном в стандартной дозировке.

Катамнез составил 2 года после операции. У пациентки сохраняется ремиссия акромегалии, продолженного роста опухоли нет. Пациентка чувствует себя удовлетворительно, отмечается улучшение зрения на левый глаз, регресс головной боли.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Существует 2 основных доступа к образованиям хиазмально-селлярной области, в том числе к АГ.

Первый – транскраниальный птериональный и/или субфронтальный доступ, который оставался основным для хирургического лечения пациентов с АГ до начала XX века. В настоящее время он используется менее чем в 1 % случаев для удаления АГ с выраженным

экстраселлярным ростом и супраселлярным компонентом, значительно отклоняющимся латерально от средней линии. Основными его недостатками являются необходимость тракции вещества головного мозга, худший косметический эффект, сложность удаления опухоли из медиальных отделов кавернозного синуса, инфраселлярно распространяющихся фрагментов опухоли; преимуществами — лучший контроль гемостаза, большая радикальность и безопасность при удалении опухоли с вовлечением в ее строю магистральных артерий, отсутствие риска развития послеоперационной назальной ликвореи.

Второй — эндоскопический эндоназальный доступ, который стал «золотым стандартом» в хирургическом лечении пациентов с АГ. Среди преимуществ можно выделить отсутствие кожного разреза, что улучшает косметические исходы; хороший панорамный обзор; возможность осмотреть те анатомические структуры, которые невозможно полноценно визуализировать с помощью микроскопа; использование хирургом естественных анатомических коридоров с заметным уменьшением операционной травмы; отсутствие необходимости применения мозговых ретракторов. Но существуют и определенные трудности и специфические осложнения, такие как послеоперационная назальная ликворея с необходимостью выполнения пластики послеоперационных дефектов основания черепа, сложный контроль за кровотечением и осуществлением гемостаза в глубине раны в достаточно узком анатомическом коридоре и др. [1].

Гигантские АГ с сочетанием нескольких направлений роста остаются самыми сложными для хирургического лечения. Так, С.Н. Куо и соавт. представили опыт лечения 38 гигантских АГ (в одном из них диаметр более 4 см) с использованием эндоскопического эндоназального доступа. При этом радикального удаления АГ удалось достигнуть только в 21 % наблюдений [2]. J.A. Gondim и соавт. также описали более чем 10-летний опыт лечения 50 гигантских АГ с использованием эндоскопического эндоназального доступа. Радикального удаления опухоли в их выборке удалось достичь в 38 % случаев, при этом послеоперационные осложнения развивались достаточно часто (послеоперационная назальная ликворея — 8 %, несахарный диабет — 10 %, надпочечниковая недостаточность — 22 %) [3]. M. Kou tougousiou и соавт. продемонстрировали результаты лечения 54 пациентов с гигантскими АГ с использованием трансназального доступа. Радикального удаления опухоли в их серии удалось добиться в 66 % случаев. Основными лимитирующими факторами тотального удаления стали многодольчатая структура опухоли, выраженное распространение на среднюю черепную ямку [4].

Учитывая вышеописанные данные, при гигантских АГ иногда необходимо проведение двухэтапного транскраниально-трансназального вмешательства.

Первым этапом, как правило, проводится транскраниальный доступ, а через 3–4 дня — эндоназальное эндоскопическое удаление оставшихся фрагментов опухоли. Однако в зарубежной литературе описан опыт проведения комбинированных одномоментных транскраниально-трансназальных вмешательств в рамках одного анестезиологического пособия для удаления гигантских АГ. В отечественной литературе описания опыта подобных вмешательств не обнаружено. Самая ранняя зарубежная работа — исследование С.Н. Alleyne и соавт., в котором описано 10 случаев одномоментного комбинированного лечения гигантских АГ. У 80 % пациентов удалось выполнить тотальную и субтотальную резекцию опухолевой ткани. У 50 % пациентов развились клинические проявления различного вида гипопитуитаризма, однако улучшение зрительных функций отмечено у всех пациентов в течение 6 мес после операции [5]. A. Inoue и соавт. провели одномоментные комбинированные вмешательства у 6 пациентов. Критериями отбора стали гигантские АГ, многоузловая структура опухоли, выраженное ее распространение на переднюю черепную ямку и при этом наличие опухоли в турецком седле. У 50 % пациентов при таком вмешательстве удалось добиться радикального удаления опухоли, а у других — субтотального. При этом осложнения в виде нарастания зрительных нарушений в послеоперационном периоде наблюдались у 1 пациента [6]. D. Kuga и соавт. описали результаты лечения 4 пациентов с гигантскими АГ, прооперированных одномоментно с использованием 2 доступов. У 3 пациентов удалось добиться радикального удаления опухолевой ткани. Среди осложнений отмечались явления мозаичного гипопитуитаризма, которые спустя время регрессировали, а улучшения зрительных функций при этом удалось добиться у всех оперированных [7]. K. Gilberto и соавт. описали 12 наблюдений, при которых были выполнены симультанные операции: у 11 пациентов с гормонально-неактивными АГ и у 1 — с соматотропиномой. Тотального и субтотального удаления удалось добиться более чем в 60 % случаев, а частота осложнений при этом была невысокой [8].

Комбинированные вмешательства в рамках одного анестезиологического пособия по поводу АГ имеют преимущества в виде одномоментного более радикального удаления опухоли при выраженной инвазии опухоли как в структуры основания черепа, так и интракраниально (это является особенно важным для пациентов с гормонально-активными типами АГ), снижения стресса для пациента в результате отсутствия повторной операции и повторного анестезиологического пособия. Недостатком проведения подобных вмешательств можно считать увеличение времени операции и анестезиологического обеспечения, что может

привести к увеличению сроков восстановления в послеоперационном периоде после второго этапа хирургического лечения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с данными мировой литературы и нашими результатами проведение одномоментных комбинированных вмешательств возможно с хорошим клиническим исходом при наличии большого опыта выполнения транскраниальных и трансназальных эндоскопических вмешательств в клинике (что позволит значимо не увеличивать время оперативного вмешательства), а также службы нейроан-

стезиологии и нейрореанимации высокого уровня. При этом показания к данному методу лечения строго ограничены. По нашему мнению, кандидатами на подобный вид хирургического вмешательства являются молодые пациенты без тяжелой сопутствующей соматической патологии, с сочетанием нескольких направлений роста АГ в основание черепа и интракраниально с вовлечением большого количества магистральных артерий, с гормонально-активным характером опухоли (при которых ранняя ремиссия улучшает качество жизни пациентов) при желании пациента на проведение операции в рамках одного анестезиологического пособия.

## Литература | References

1. Калинин П.Л., Кадашев Б.А., Фомичев Д.В. и др. Хирургическое лечение аденом гипофиза. Клинические рекомендации. М., 2014. С. 19–21.  
Kalinin P.L., Kadashev B.A., Fomichev D.V. et al. Surgical treatment of pituitary adenomas. Clinical guidelines. Moscow, 2014. P. 19–21. (In Russ.).
2. Kuo C.H., Yen Y.S., Wu J.C. et al. Primary endoscopic transnasal transsphenoidal surgery for giant pituitary adenoma. *World Neurosurg* 2016;91:121–8. DOI: 10.1016/j.wneu.2016.03.092
3. Gondim J.A., Almeida J.P., Albuquerque L.A. et al. Giant pituitary adenomas: surgical outcomes of 50 cases operated on by the endonasal endoscopic approach. *World Neurosurg* 2014;82(1-2):e281–90. DOI: 10.1016/j.wneu.2013.08.028
4. Koutourousiou M., Gardner P.A., Fernandez-Miranda J.C. et al. Endoscopic endonasal surgery for giant pituitary adenomas: advantages and limitations. *J Neurosurg* 2013;118(3):621–31. DOI: 10.3171/2012.11.JNS121190
5. Alleyne C.H.Jr, Barrow D.L., Oyesiku N.M. Combined transsphenoidal and pterional craniotomy approach to giant pituitary tumors. *Surg Neurol* 2002;57(6):380–90. DOI: 10.1016/s0090-3019(02)00705-x
6. Inoue A., Suehiro S., Ohnishi T. et al. Simultaneous combined endoscopic endonasal and transcranial surgery for giant pituitary adenomas: tips and traps in operative indication and procedure. *Clin Neuro Neurosurg* 2022;218:107281. DOI: 10.1016/j.clineuro.2022.107281
7. Kuga D., Toda M., Ozawa H. et al. Endoscopic endonasal approach combined with a simultaneous transcranial approach for giant pituitary tumors. *World Neurosurg* 2019;121:173–9. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.10.047
8. Leung G.K.K., Law H.Y., Hung K.N. et al. Combined simultaneous transcranial and transsphenoidal resection of large-to-giant pituitary adenomas. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153(7):1401–8. DOI: 10.1007/s00701-011-1029-y

### Вклад авторов | Authors' contributions

О.Ю. Богданова, А.Ю. Григорьев: разработка дизайна исследования, проведение операции, анализ полученных данных, научное редактирование;  
В.А. Григорьев: разработка дизайна исследования, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста статьи;  
В.В. Крылов: получение данных для анализа, анализ полученных данных, проведение операции;  
А.А. Гринь: получение данных для анализа, анализ полученных данных.  
О.Ю. Богданова, А.Ю. Григорьев: study design, surgical procedure, data analysis, scientific editing;  
В.А. Григорьев: study design, literature review, data analysis, article writing;  
В.В. Крылов: data acquisition, data analysis, surgical procedure;  
А.А. Гринь: data acquisition, data analysis.

### ORCID авторов | ORCID of authors

О.Ю. Богданова / O.Yu. Bogdanova: <https://orcid.org/0000-0002-1804-9836>  
В.А. Григорьев / V.A. Grigoryev: <https://orcid.org/0009-0008-8199-8146>  
В.В. Крылов / V.V. Krylov: <https://orcid.org/0000-0001-7206-8926>  
А.Ю. Григорьев / A.Yu. Grigoryev: <https://orcid.org/0000-0002-9575-4520>  
А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

### Финансирование | Funding

Работа выполнена без спонсорской поддержки.  
The work was performed without external funding.

### Соблюдение прав пациентов | Compliance with patient rights

Пациентка подписала информированное согласие на публикацию своих данных.  
Compliance with patient rights. The patient gave written informed consent to the publication of her data.

Статья поступила | Article submitted: 09.09.2025.  
Рецензия | Peer reviewed: 06.12.2025.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Timing of surgery as outcome predictor in brachial plexus injury: a systematic review and meta-analysis

## Contacts:

Luis Rafael  
Moscote-Salazar  
[rafaelmoscote21@gmail.com](mailto:rafaelmoscote21@gmail.com)

N.D.J.L. Villamil<sup>1</sup>, W.A. Flórez-Perdomo<sup>2</sup>, M. Acosta<sup>3</sup>, M.I. Camargo<sup>1</sup>, D.P. A. Pérez<sup>1</sup>, A. Agrawal<sup>4</sup>,  
L.R. Moscote-Salazar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Medicine, University of Cartagena; Bolívar, Colombia;

<sup>2</sup>AV Healthcare Innovators, LLC; Madison, Wisconsin, United States;

<sup>3</sup>Renaissance Health System; Edinburg, Texas, United States;

<sup>4</sup>Department of Neurosurgery, All India Institute of Medical Sciences; Saket Nagar, India

**Objectives.** To evaluate the evidence of timing of surgery in Brachial plexus injury and neurological outcome.

**Data sources.** The search included PubMed (until November 2022); Scopus (until March 2023); Central Cochrane Registry of Controlled Trials (The Cochrane Library) (until March 2023); MEDLINE (Ovid) until 2023; November EMBASE (Ovid); CINAHL (until March 2023).

**Study selection.** All articles that reported assessment timing of surgery in Brachial Plexus Injury (BPI), poor neurological and functional outcome.

**Data extraction.** Study type, publication year, number of patients, level of lesion, preoperative assessment, delayed of operation, operative management, follow up. We performed a meta-analysis for each variable which there was important data to estimate the importance of surgical time in the management of BPI.

**Data synthesis.** 21 studies were included in the studies, which included collected data on 878 patients from retrospective and prospective observational studies. The analysis combined odds ratios, showing an overall effect of 3.1 (95 % confidence intervals 2.2–4.3), indicating that early surgery significantly improves neurological outcomes. The low heterogeneity suggests overall consistency across studies. Although studies such as Goubier et al. (2011) and Socolovsky et al. (2011) showed stronger effects, the results indicate that surgery timing plays a crucial role in neurological recovery, with early interventions being more favorable.

**Conclusion.** There is a solid foundation to support that early surgical intervention in patients with brachial plexus lesions is a more beneficial treatment than late stage interventions.

**Keywords:** brachial plexus, treatment outcome, surgical procedures, operative, brachial plexus neuropathies, neurologic manifestations

**For citation:** Villamil N.D.J.L., Flórez-Perdomo W.A., Acosta M. et al. Timing of surgery as outcome predictor in brachial plexus injury: a systematic review and meta-analysis. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):88–97.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-88-97>

## Сроки хирургического вмешательства как фактор, определяющий исход при травме плечевого сплетения: систематический обзор и метаанализ

N.D.J.L. Villamil<sup>1</sup>, W.A. Flórez-Perdomo<sup>2</sup>, M. Acosta<sup>3</sup>, M.I. Camargo<sup>1</sup>, D.P.A. Pérez<sup>1</sup>, A. Agrawal<sup>4</sup>, L.R. Moscote-Salazar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Medicine, University of Cartagena; Боливар, Колумбия;

<sup>2</sup>AV Healthcare Innovators, LLC; Мадисон, штат Висконсин, США;

<sup>3</sup>Renaissance Health System; Эдинбург, штат Техас, США;

<sup>4</sup>Department of Neurosurgery, All India Institute of Medical Sciences; Сакет Нагар, Индия

**Контакты:** Luis Rafael Moscote-Salazar [rafaelmoscote21@gmail.com](mailto:rafaelmoscote21@gmail.com)

**Цель.** Изучить влияние сроков проведения операции при повреждении плечевого сплетения на неврологические исходы.

**Источники данных.** Был проведен поиск в следующих базах данных: PubMed (до ноября 2022 г.); Scopus (до марта 2023 г.); Central Cochrane Registry of Controlled Trials (The Cochrane Library) (до марта 2023 г.); MEDLINE (Ovid) и EMBASE (Ovid) (до ноября 2023 г.); CINAHL (до марта 2023 г.).

**Отбор публикаций.** Были отобраны все публикации, включавшие информацию о сроках проведения операции по поводу повреждения плечевого сплетения, неврологических и функциональных исходах.

**Извлечение данных.** Для определения влияния сроков проведения операции на исходы повреждений плечевого сплетения мы выполнили метаанализ следующих переменных: тип исследования, год публикации, число пациентов, уровень повреждения, предоперационное обследование, отсрочка операции, ведение периоперационного периода, сроки наблюдения.

**Синтез данных.** В метаанализ было включено 21 ретроспективное и проспективное наблюдательное исследование. Всего проанализированы данные 878 пациентов. Было рассчитано отношение шансов: величина эффекта составила 3.1 [95 % доверительный интервал 2,2–4,3]. Таким образом, раннее проведение операции значительно улучшает неврологические исходы. Низкая гетерогенность данных показывает общую согласованность исследований. Несмотря на то что некоторые исследования, такие как J.N. Goubier и соавт. [2011] и M. Socolovsky и соавт. [2011], показали более сильные эффекты, результаты анализа указывают на то, что сроки проведения операции играют ключевую роль в неврологическом восстановлении.

**Заключение.** Опубликованные данные указывают на то, что раннее хирургическое вмешательство у пациентов с повреждениями плечевого сплетения более эффективно, чем отсроченные операции.

**Ключевые слова:** плечевое сплетение, исход лечения, хирургическое вмешательство, операция, нейропатии плечевого сплетения, неврологические проявления

**Для цитирования:** Villamil N.D.J.L., Flórez-Perdomo W.A., Acosta M. и др. Сроки хирургического вмешательства как фактор, определяющий исход при травме плечевого сплетения: систематический обзор и метаанализ. *Нейрохирургия* 2026;28(2):88–97. [На англ.]

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-88-97>

## INTRODUCTION

Brachial plexus injuries (BPI) represent a significant clinical challenge due to their potential to cause profound motor and sensory deficits, severely impacting an individual's quality of life, with an estimated incidence of 1.75 per 100,000 individuals annually [1]. These injuries often result from trauma, such as vehicular accidents or sports-related incidents, and surgical intervention is frequently required to restore function. Neurotization, a surgical technique involving the transfer of a donor nerve to a denervated nerve to restore function, is commonly employed in BPI treatment. The optimal timing of surgery for BPI remains a topic of considerable debate among clinicians and researchers. Early surgical intervention is hypothesized to facilitate better neural recovery by preventing irreversible muscle atrophy and fibrosis, whereas delayed surgery might be considered in cases where spontaneous recovery is anticipated.

The literature on BPI includes a range of studies exploring different aspects of surgical timing and outcomes. For instance, Songcharoen et al. (1996) and Samii et al. (1997) focused on neurotization techniques for restoring elbow flexion and musculocutaneous nerve function, highlighting the potential benefits of early surgical intervention [2, 3]. Conversely, studies such as those by Dubuisson and Kline (2002) and Matsuyama et al. (2002) provide a broader perspective on BPI management, encompassing various surgical timings and techniques [4, 5]. Despite numerous studies addressing the timing of surgical intervention for BPI, there remains a lack of consensus on the optimal window for surgery to achieve the best neurological outcomes. Previous research has demonstrated varied results, with some studies, such as

Teboul et al. (2004) and Dong et al. (2010), showing favorable outcomes with early surgery, while others, like Gao et al. (2013) and Xiao et al. (2014), suggest that the timing may not be as critical [6–9]. These inconsistencies underscore the need for a comprehensive analysis of the existing evidence.

The present systematic review and meta-analysis aim to consolidate current evidence on this critical issue, evaluating the impact of early versus delayed surgery on neurological and functional outcomes in patients with BPI. By synthesizing data from randomized controlled trials (RCTs), quasi-randomized controlled studies, and observational studies, this review seeks to provide a comprehensive analysis that can inform clinical practice and guide future research. The goal is to establish a clearer understanding of how surgical timing influences recovery, thereby optimizing treatment strategies for individuals suffering from BPI.

## METHODS

The scheme to follow will be in accordance with the recommendations of the meta-analysis and the systematic reviews of the PRISMA declaration for the presentation of the systematic reviews of randomized clinical trials and observational studies meta-analysis and the Cochrane Manual of systematic reviews and meta-analysis.

### Literature search strategy

A search for RCT, not RCT, prospective and retrospective cohort studies will be carried out through PubMed (until November 2022); Scopus (until March 2023); Central Cochrane Registry of Controlled Trials (The Cochrane Library) (until March 2023); MEDLINE (Ovid) until 2023;

November EMBASE (Ovid); CINAHL (until March 2023); in addition to the reference list of included studies and other relevant data in addition to potentially eligible studies.

The terms (“peripheral nervous injury”) OR (“Brachial plexus injury” OR “non-Obstetric nervous injury” OR “non Neonatal brachial plexus injury”) AND (“prognosis” OR “motor function” OR “MRC scale”) AND (“randomized clinical trials” OR “clinical trials” OR “observational study”) NOT “animals”. The strategy will include subject headings (MeSH) and text words connected with Booleans term.

#### Inclusion criteria

The studies to be included are screened separately using the following inclusion criteria:

Randomized controlled trials, quasi-randomized controlled studies, and prospective and retrospective observational studies assess the timing of surgery in BPI and poor neurological and functional outcomes.

#### Exclusion criteria

In this systematic review and meta-analysis, the following studies were excluded: 1. Studies carried out in the pediatric population. 2. Studies that included obstetric or neonatal injury. 3. Case reports and/or case series of 10 patients or less.

#### Data collection process

Two review authors (L.R.M.S and W.F.P) extracted data from included studies using a piloted data extracted tool, if any discrepancy appeared was resolved by discussion. Two authors (L.R.M.S and W.F.P) independently download full text articles, with discrepancies resolved through discussion. The references of relevant studies were cross-checked for additional studies not identified by electronic search.

#### Data extraction

The following data is extracted from the articles: First, Study characteristics; Second, patient characteristics (number of patients, demographics, and clinical characteristic); Third, Eligibility, based on the mentioned study selection criteria. The doubts were clarified by consensus.

#### Study risk of bias assessment

The risk of bias assessment was performed using the ROBINS-I tool, which evaluates the following 7 domains: D1: “Bias due to confounding”; D2: “Bias in selection of participants”; D3: “Bias in classification of interventions”; D4: “Bias due to deviations from intended intervention”; D5: “Bias due to missing data”; D6: “Bias in measurement of outcomes”; D7: “Bias in selection of the reported results”, based on the presence or absence of some characteristic in “Low Risk”, “moderate

risk”, “serious Risk”, “critical Risk” and “no information” (Fig. 1).

Publication bias was assessed using funnel plots for asymmetry and Egger’s test. The results of these assessments are presented in Fig. 2.

#### Evaluation of the quality of the studies included

The quality of included studies was through Newcastle–Ottawa Quality Assessment Scale, studies with scores of 9, were considered of high methodological quality, 7 to 8 points score (Table 1) Those with scores in a range 6 were considered of Moderate Quality.

#### Extraction, manage and statistical analysis of data

The independent review was carried out for the selected articles and the data regarding moderate and good motor function recovery defined as MRC more than 3, timing of surgery categorized as Early surgery less than 6 months and delayed as more than 6 months. The corresponding Authors were contacted for missing data and any disagreements were resolved through consensus. The statistical analysis was performed through the Pooled Odds ratio (OR) with the Mantel-Haenszel methodology for reasons by using a randomized effect analysis model (Comprehensive Metanalysis Software version 3.3.070, 2014, New York, USA). Heterogeneity was assessed by I<sup>2</sup>, lower than 50 % value was being considered as Low heterogeneity, between 50,01 % to 60 % moderate Heterogeneity, 60,01 % to 70 % High heterogeneity and upper than 70 % considered as Very High heterogeneity of the included studies in the analysis.

## RESULTS

### Study selections

After completing the literature search using the strategy we described above, the results yielded a total of N articles of which N were potentially eligible taking into account the title and abstract or both. After reading the texts in full, 33 articles were considered eligible, 12 were excluded (Fig. 3) because they did not meet the inclusion criteria or answer the research question. Finally, 21 articles were included for the review.

### Study characteristics

All the studies that were included in the review were observational studies, 17 of them retrospective [2–6, 8–19] and 4 prospective [20–23]. The summary of the characteristics of all is described in Table 2.

### Systematic review

In the evaluation of nerve surgery outcomes, multiple studies have highlighted the critical role that timing plays in achieving favorable results. Songcharoen et al. reported a significant increase in poor outcomes when surgery was delayed beyond 9 months post-injury, with the percentage rising from 25 % to 62.5 % in these patients [2]. This trend

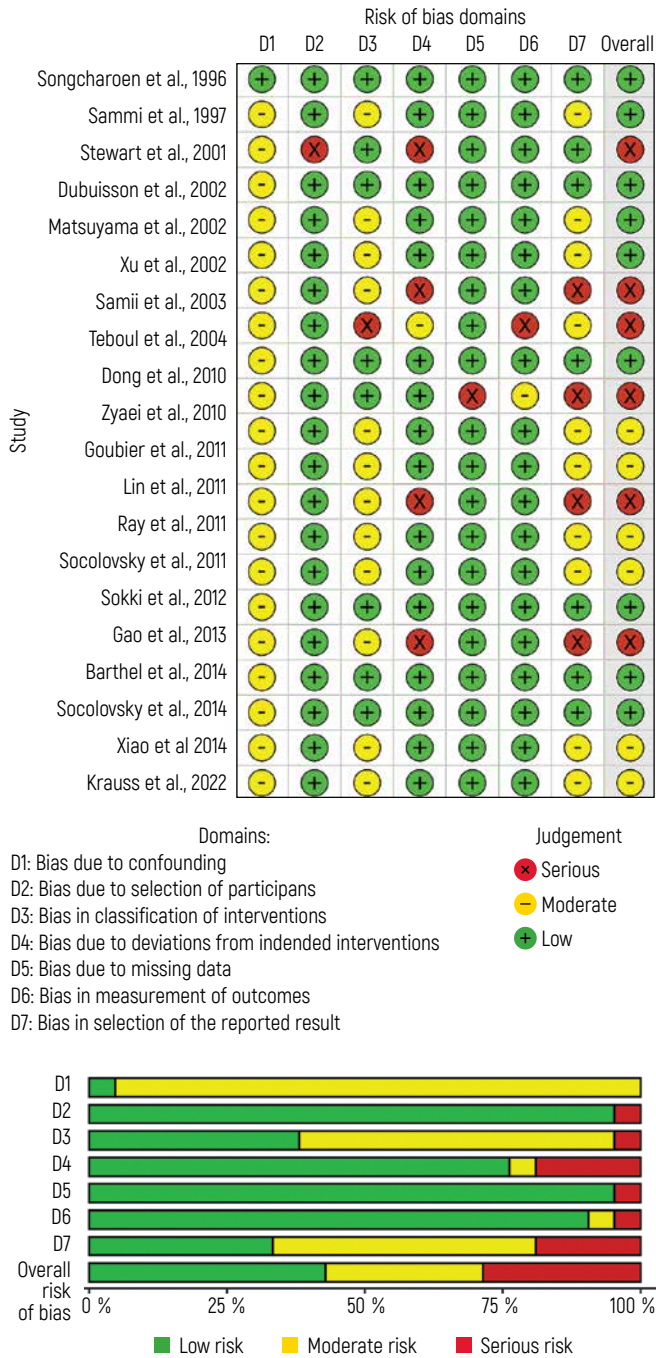


Fig. 1 | Рис. 1  
Risk of bias assessment using ROBINS-I. A number of studies evaluated and included in the analysis are recorded  
Оценка риска систематической ошибки с использованием системы ROBINS-I. Число рассмотренных и включенных в анализ исследований

is further supported by Sammi et al. (1997), who demonstrated that patients undergoing surgery within 7 months of the injury had significantly better outcomes compared to those treated later ( $p < 0.05$ ) [3]. The benefits of early surgical intervention are echoed by Stewart et al. (2001), who emphasized the importance of addressing nerve

deficits that fail to improve within two to four months of injury, recommending timely surgery to prevent long-term damage [10].

Dubuisson and Kline found that the median interval between trauma and surgery was 7 months, and reinnervation success rates varied depending on the timing of the intervention [4]. Reinnervation of the musculocutaneous nerve was observed in 86 % of patients operated on within 6 months, 65 % of those treated between 7 and 12 months, and only 50 % of patients who underwent surgery after 12 months. This reinforces the findings by Samii et al. (2003), who also observed a statistically significant improvement in outcomes for patients receiving surgery within the first 6 months post-injury compared to those who had delayed intervention ( $p < 0.05$ ) [3, 11].

Lastly, Socolovsky's study on nerve grafting further underscored the importance of early intervention. He found that 66.7 % of the 30 long grafts performed within 6 months yielded good outcomes, with an overall good outcome rate of 48.9 %. Collectively, these studies stress the importance of early surgical intervention, particularly within the first 6 months after injury, to maximize the chances of nerve reinnervation and functional recovery [16].

#### Data analysis

An improvement of good outcomes was evident in patients who were treated in 6 months or less compared to the control group (OR 3.1, 95 % confidence intervals 2.2–4.3;  $p \leq 0.001$ ) (Fig. 4), while studies reporting later surgeries showed less benefit, with some interventions failing to reach statistical significance. Key studies, such as those by Songcharoen et al. and Socolovsky et al., displayed significantly higher OR, reinforcing the advantage of early surgery.

The heterogeneity analysis revealed an  $I^2$  of 0.000 %, indicating no significant heterogeneity among the studies, suggesting that the results are consistent and robust. Moreover, the funnel plot showed no evidence of publication bias ( $p = 0.67750$ ), further supporting the reliability of these findings (Fig. 2).

#### DISCUSSION

The findings from this systematic review and meta-analysis offer valuable insights into the role of surgical timing in managing BPI. Our analysis indicates that early surgical intervention, defined as surgery performed within six months of injury, is associated with significantly improved motor function recovery compared to delayed surgery. This supports the hypothesis that early intervention can capitalize on the window of neural plasticity and prevent secondary muscle degeneration and fibrosis, thereby enhancing the potential for functional recovery.

Several factors may contribute to the observed benefits of early surgery. Firstly, the timing of intervention is crucial for the reinnervation of muscles before they undergo irreversible atrophy. Secondly, early surgery may mitigate

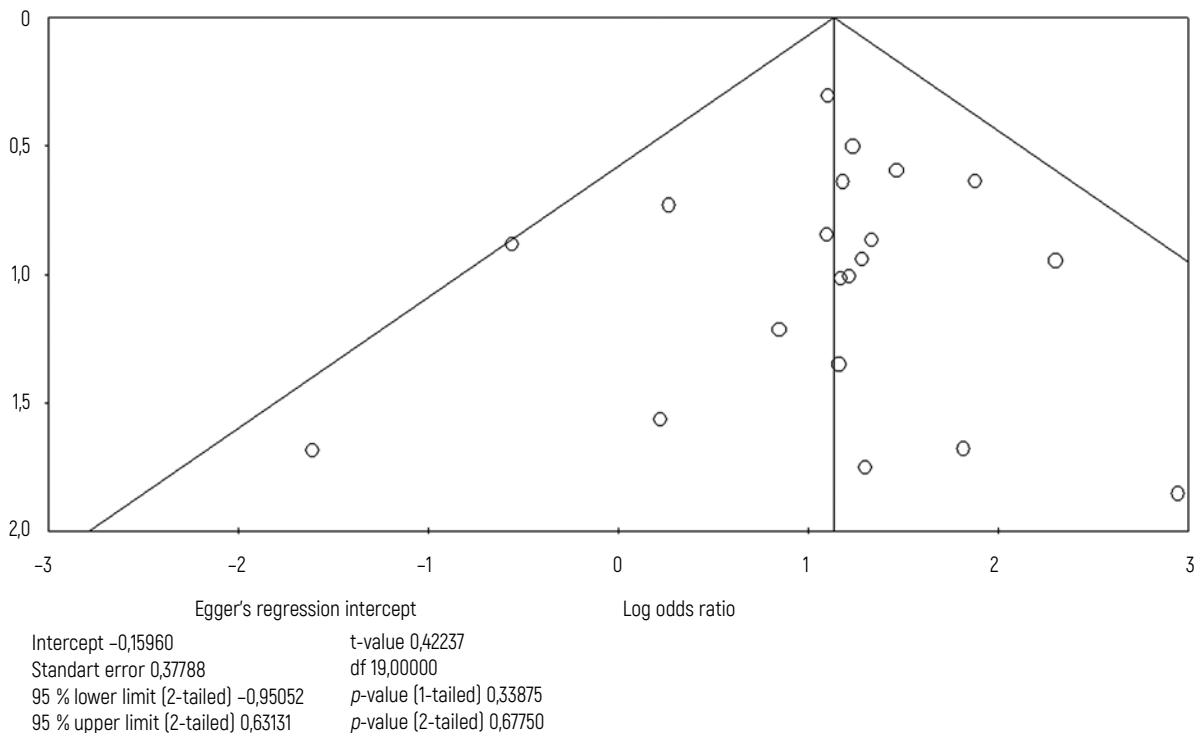


Fig. 2 | Рис. 2

Egger's regression intercept  
Пересечение регрессионной кривой Egger

fibrotic scar tissue formation, which can impede nerve regeneration. These findings align with the principles of neurobiology, suggesting that prompt surgical repair facilitates more effective nerve regeneration and functional recovery [2, 3].

This review incorporates a diverse array of studies, including works by Songcharoen et al. (1996), Samii et al. (1997), and Gao et al. (2013), among others, each contributing to the overall understanding of surgical timing. The included studies consistently show that early intervention results in better outcomes, particularly in terms of motor function recovery. For instance, Songcharoen et al. demonstrated that early spinal accessory neurotization significantly improved elbow flexion, while Gao et al. highlighted the benefits of early intercostal nerve transfer for triceps function [2, 3, 8].

However, the review also highlights considerable heterogeneity among the included studies, which underscores the complexity of this clinical issue. Variations in study design, patient populations, and definitions of “early” and “delayed” surgery contribute to this heterogeneity. Despite these variations, the overall trend favors early surgical intervention. Future research should aim to standardize definitions and methodologies to reduce heterogeneity and enhance the comparability of studies.

The risk of bias assessment revealed that many studies had moderate to serious risks of bias, particularly

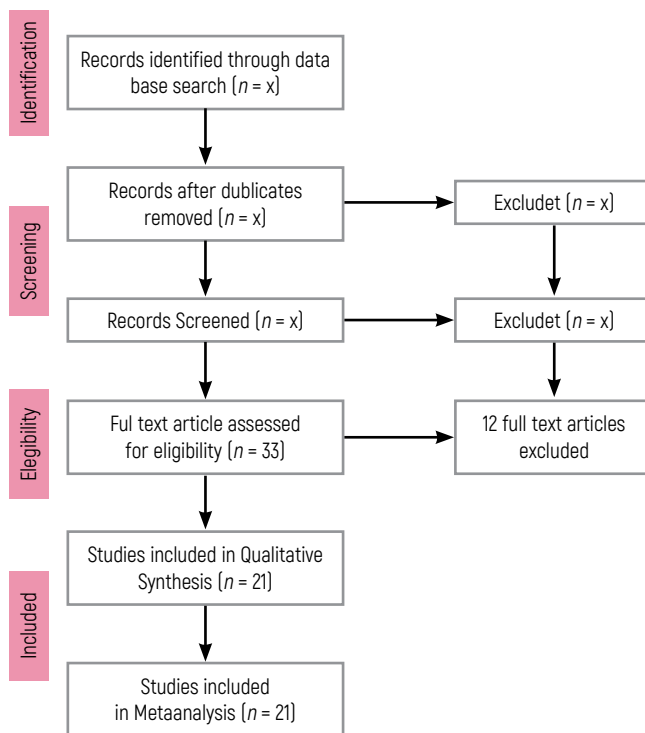


Fig. 3 | Рис. 3

Map of the item selection process, showing the number of records identified, included, and excluded

Схема отбора публикаций, показывающая количество идентифицированных, включенных и исключенных статей

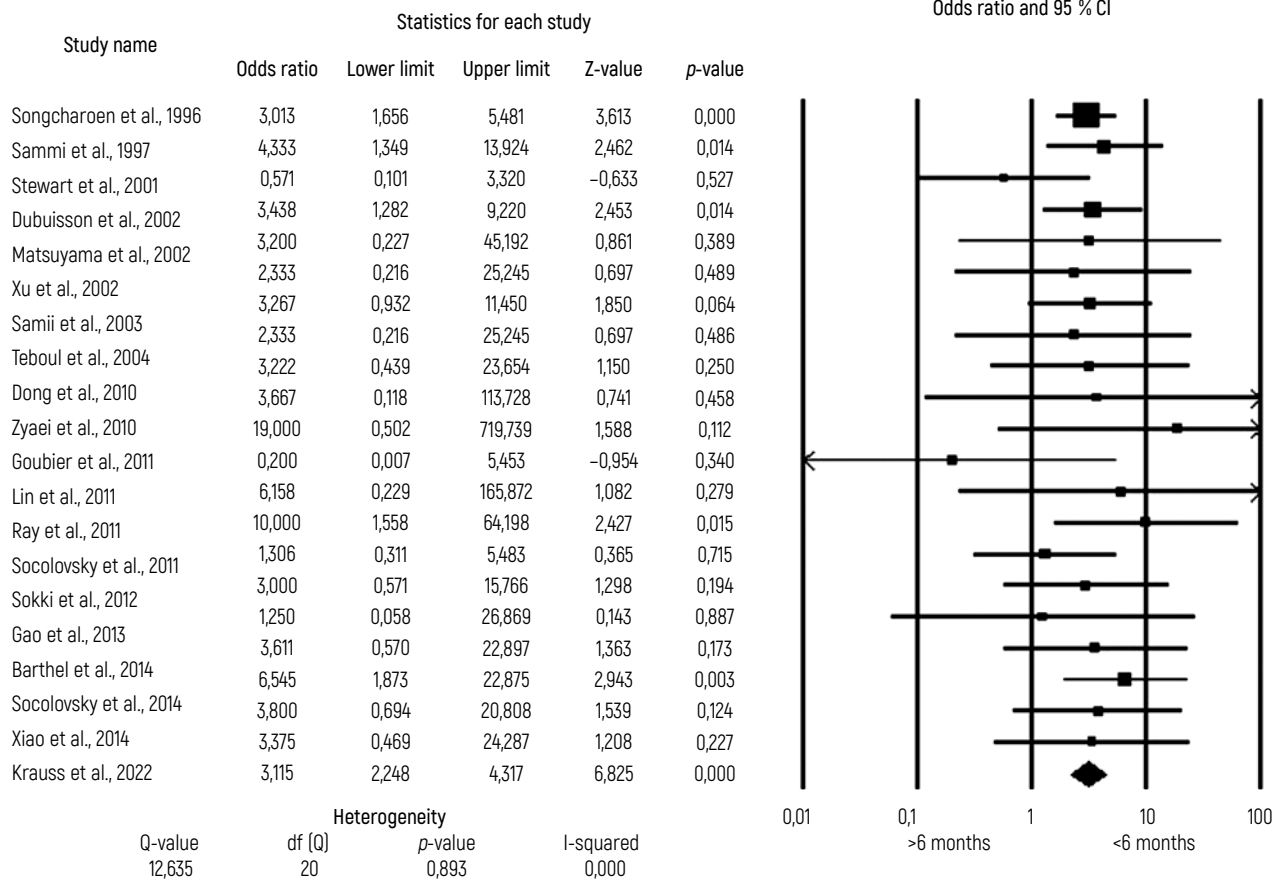


Fig. 4 | Рис. 4

Forest plot. The graph evaluates the odds ratios (OR) and their 95 % confidence intervals (CI). Heterogeneity statistics are presented: the Q value, degrees of freedom (df), p-value, and I-squared (I<sup>2</sup>), which measures the variability among the studies

Диаграмма Forest plot. На графике представлены отношения шансов и их 95 % доверительные интервалы (CI), а также статистические данные по гетерогенности: значение Q, степени свободы (df), значения p и I<sup>2</sup>, которые описывают вариабельность между исследованиями

Table 1 | Таблица 1

Newcastle-Ottawa Scale for quality assessment of studies included in this meta-analysis

Шкала Newcastle-Ottawa для оценки качества исследований, включенных в данный метаанализ

Study	Representativeness sample	Size Sample	Source of information	Demonstration that outcome was not present at study start	control variable confusion	Assessment outcome	Enough follow up period	Newcastle-Ottawa Scale Score
Songcharoen et al., 1996	★★	★	★	★	★	★★	★	9/9
Sammi et al., 1997	★	★	★	★	★	★	★	7/9
Stewart et al., 2001	★	★	★	★		★	★	5/9
Dubuisson, Kline, 2002	★★	★	★	★		★	★	5/9
Matsuyama et al., 2002	★★	★	★	★	★	★	★	8/9
Xu et al., 2002	★★	★	★	★	★	★	★	8/9
Samii et al., 2003	★	★		★		★	★	5/9
Teboul et al., 2004	★	★			★	★	★	5/9
Dong et al., 2010	★★	★	★	★	★	★	★	8/9

End of table 1  
Окончание табл. 1

Study	Representativeness sample	Size Sample	Source of information	Demonstration that outcome was not present at study start	control variable confusion	Assessment outcome	Enough follow up period	Newcastle-Ottawa Scale
Zyaei et al., 2010	★	★		★		★	★	5/9
Goubier et al., 2011	★★	★	★	★	★	★	★	8/9
Lin et al., 2011	★★	★	★		★	★	★	7/9
Ray et al., 2011	★	★		★		★	★	5/9
Socolovsky et al., 2011	★★	★	★		★	★	★	7/9
Sokki et al., 2012	★★	★	★		★	★	★	7/9
Gao et al., 2013	★★	★	★	★	★	★★	★	9/9
Ren et al., 2013	★	★		★		★	★	5/9
Barthel et al., 2014	★★	★	★	★	★	★	★	8/9
Socolovsky et al., 2014	★★	★	★	★	★	★	★	8/9
Xiao et al., 2014	★★	★	★		★	★	★	7/9
Krauss et al., 2022	★★	★	★		★	★	★	7/9

★ Indicates that it meets criteria in Newcastle-Ottawa Scale.

Table 2 | Таблица 2

Characteristics of all studies included in the review

Характеристики всех исследований, включенных в обзор

Study	Type	N	Level of lesion	Preoperative assessment	Delayed of operation	Operative management	Follow up
Songcharoen et al., 1996	Retrospective observational study	216	C5-T1	Cervical Myelography (CM) Electrodiagnostic testing no specified (EDT)	<6 months: 110 >6 months: 106	Nerve graft Nerve transferer	6 years
Sammi et al., 1997	Retrospective observational study	54	C5-C6	Electromyography (EM)	<6 months: 21 >6 months: 33	Neuro graft Nerve transferer	4 years
Stewart et al., 2001	Retrospective observational study	58	C5-T1	No reported	<6 months: 35 >6 months: 23	Neurolysis, neuro graft Nerve transferer	2 years
Dubuisson, Kline, 2002	Retrospective observational study	99	C5-T1	Cervical Myelography (CM) Electromyography (EM) Magnetic Resonance Imagen (MRI)	<6 months: 72 >6 months: 27	Neurolysis, neuro graft Nerve transferer	3 years
Matsuyama et al., 2002	Retrospective observational study	16	C5-T1	Cervical Myelography (CM) Electromyography (EM) Magnetic Resonance Imagen (MRI) Nerve conduction test (NCT)	<6 months: 9 >6 months: 7	Neurolysis, nerve graft Nerve transferer	5 years
Xu et al., 2002	Prospective observational study	15	C5-T1	Electromyography (EM)	<6 months: 9 >6 months: 5	Neurolysis	No reported

End of table 2  
 Окончание табл. 2

Study	Type	N	Level of lesion	Preoperative assessment	Delayed of operation	Operative management	Follow up
Samii et al., 2003	Retrospective observational study	44	C5-T1	No reported	<6 months: 20 >6 months: 24	Nerve graft Nerve transferer	7.5 years
Teboul et al., 2004	Retrospective observational study	32	C5-C7	No reported	<6 months: 9 >6 months: 5	Nerve graft Nerve transferer	5 years
Dong et al., 2010	Retrospective observational study	40	C5-T1	Electromyography (EM)	<6 months: 32 >6 months: 8	Nerve transferer	3.9 years
Zyaei et al., 2010	Prospective observational study	10	C5-C6	Electrodiagnostic testing no specificized (EDT) Magnetic Resonance Imagen (MRI)	<6 months: 5 >6 months: 5	Nerve transferer	1 year
Goubier et al., 2011	Retrospective observational study	11	C5-C6	Magnetic Resonance Imagen (MRI)	<6 months: 9 >6 months: 2	Nerve graft Nerve transferer	2 years
Lin et al., 2011	Retrospective observational study	11	C5-T1	Electromyography (EM)	<6 months: 6 >6 months: 4	Nerve graft Nerve transferer	4 years
Ray et al., 2011	Retrospective observational study	29	C4-C7	Electromyography (EM) Nerve conduction test (NCT)	<6 months: 19 >6 months: 10	Nerve graft Nerve transferer	1.5 Years
Socolovsky et al., 2011	Retrospective observational study	27	C5-T1	Magnetic Resonance Imagen (MRI) Electromyography (EM)	<6 months: 15 >6 months: 12	Nerve graft	2 years
Sokki et al., 2012	Prospective observational study	30	No reported	Magnetic Resonance Imagen (MRI) Electromyography (EM)	<6 months: 15 >6 months: 15	Nerve graft Nerve transferer	1 years
Gao et al., 2013	Retrospective observational study	25	C5-T1	Electromyography (EM)	<6 months: 15 >6 months: 10	Nerve transferer	1.5 Years
Ren et al., 2013	Prospective observational study	11	C5-C6	Magnetic Resonance Imagen (MRI) Electromyography (EM)	<6 months: 6 >6 months: 5	Nerve transferer	3 years
Barthel et al., 2014	Retrospective observational study	29	C5-C7	No reported	<6 months: 15 >6 months: 14	Nerve graft Nerve transferer	7.5 years
Socolovsky et al., 2014	Retrospective observational study	58	C5-T1	Electromyography (EM) Magnetic Resonance Imagen (MRI) Nerve conduction test (NCT)	<6 months: 35 >6 months: 23	Nerve graft Nerve transferer	2 years
Xiao et al., 2014	Retrospective Observational study	32	C5-T1	Electromyography (EM)	<6 months: 23 >6 months: 9	Nerve transferer	8.4 years
Krauss et al., 2022	Retrospective observational study	31	C5-T1	Electromyography (EM) Magnetic Resonance Imagen (MRI) Nerve conduction test (NCT)	<6 months: 20 >6 months: 11	Nerve transferer	3 years

in the domains of confounding and selection of participants. This necessitates caution in interpreting the findings and underscores the need for high-quality, well-designed RCTs to confirm these results. The quality assessment using the Newcastle–Ottawa Scale further indicates that while some studies are of high methodological quality, others fall into the moderate category, suggesting room for improvement in future research designs.

The clinical implications of these findings are significant. Early surgical consultation and intervention should be considered to maximize the potential for neurological recovery. However, clinical decision-making should remain individualized, taking into account the specific circumstances and recovery trajectories of each patient. The evidence suggests that a more proactive approach to surgical management can lead to better

functional outcomes, ultimately improving the quality of life for individuals with BPI.

## CONCLUSION

This systematic review and meta-analysis provide robust evidence supporting the benefits of early surgical intervention in patients with BPI. While acknowledging the limitations and heterogeneity of the included studies, the overall trend indicates that early surgery is a key predictor of improved neurological outcomes. Future research should focus on refining the timing and techniques of surgical intervention to optimize patient outcomes and further elucidate the mechanisms underlying successful nerve regeneration. By building on the current evidence base, clinicians can better tailor their approaches to managing BPI, ensuring that patients receive the most effective and timely care possible.

## Литература | Reference

1. Midha R. Epidemiology of brachial plexus injuries in a multitrauma population. *Neurosurgery* 1997;40(6):1182–8; discussion 1188–9. DOI: 10.1097/00006123-199706000-00014
2. Songcharoen P, Mahaisavariya B., Chotigavanich C. Spinal accessory neurotization for restoration of elbow flexion in avulsion injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg* 1996;21(3):387–90. DOI: 10.1016/S0363-5023(96)80349-2
3. Samii M., Carvalho G.A., Nikkhah G., Penkert G. Surgical reconstruction of the musculocutaneous nerve in traumatic brachial plexus injuries. *J Neurosurg* 1997;87(6):881–6. DOI: 10.3171/jns.1997.87.6.0881
4. Dubuisson A.S., Kline D.G. Brachial plexus injury: a survey of 100 consecutive cases from a single service. *Neurosurgery* 2002;51(3):673–82; discussion 682–3.
5. Matsuyama T., Okuchi K., Akahane M. et al. Clinical analysis of 16 patients with brachial plexus injury. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2002;42(3):114–21; discussion 122. DOI: 10.2176/nmc.42.114
6. Teboul F, Kakkar R., Ameer N. et al. Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve to the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(7):1485–90. DOI: 10.2106/00004623-200407000-00018
7. Huang X., You Z., Xiang Y. et al. Posterior division of ipsilateral C7 transfer to C5 for shoulder abduction limitation. *Front Neurol* 2023;14:1012977. DOI: 10.3389/fneur.2023.1012977
8. Gao K., Lao J., Zhao X., Gu Y. Outcome after transfer of intercostal nerves to the nerve of triceps long head in 25 adult patients with total brachial plexus root avulsion injury: Clinical article. *J Neurosurg* 2013;118(3):606–10. DOI: 10.3171/2012.10.JNS12637
9. Xiao C., Lao J., Wang T. Et al. Intercostal nerve transfer to neurotize the musculocutaneous nerve after traumatic brachial plexus avulsion: a comparison of two, three, and four nerve transfers. *J Reconstr Microsurg* 2014;30(5):297–304. DOI: 10.1055/s-0033-1361840
10. Stewart M.P., Birch R. Penetrating missile injuries of the brachial plexus. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83(4):517–24. DOI: 10.1302/0301-620x.83b4.11583
11. Samii A., Carvalho G.A., Samii M. Brachial plexus injury: factors affecting functional outcome in spinal accessory nerve transfer for the restoration of elbow flexion. *J Neurosurg* 2003;98(2):307–12. DOI: 10.3171/jns.2003.98.2.0307
12. Dong Z., Zhang C.G., Gu Y.D. Surgical outcome of phrenic nerve transfer to the anterior division of the upper trunk in treating brachial plexus avulsion. *J Neurosurg* 2010;112(2):383–5. DOI: 10.3171/2009.4.JNS081064
13. Goubier J.N., Teboul F, Khalifa H. Reanimation of elbow extension with intercostal nerves transfers in total brachial plexus palsies. *Microsurgery* 2011;31(1):7–11. DOI: 10.1002/micr.20822
14. Lin H., Hou C., Chen A., Xu Z. Transfer of the phrenic nerve to the posterior division of the lower trunk to recover thumb and finger extension in brachial plexus palsy. *J Neurosurg* 2011;114(1):212–6. DOI: 10.3171/2010.7.JNS091748
15. Ray W.Z., Pet M.A., Yee A., Mackinnon SE. Double fascicular nerve transfer to the biceps and brachialis muscles after brachial plexus injury: clinical outcomes in a series of 29 cases. *J Neurosurg* 2011;114(6):1520–8. DOI: 10.3171/2011.1.JNS10810
16. Socolovsky M., Di Masi G., Battaglia D. Use of long autologous nerve grafts in brachial plexus reconstruction: factors that affect the outcome. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153(11):2231–40. DOI: 10.1007/s00701-011-1131-1
17. Barthel P.Y., Barbary S., Breton A. et al. Recovery of elbow flexion in post-traumatic C5-C6 and C5-C6-C7 palsy: retrospective dual-center study comparing single and double nerve transfer. *Chir Main* 2014;33(3):211–8. DOI: 10.1016/j.main.2014.02.002
18. Socolovsky M., Martins R.S., Di Masi G. et al. Influence of body mass index on the outcome of brachial plexus surgery: are there any differences between elbow and shoulder results? *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(12):2337–44. DOI: 10.1007/s00701-014-2256-9
19. Krauss E.M., Noland S.S., Hill E.J.R. et al. Outcome analysis of medial triceps motor nerve transfer to axillary nerve in isolated and brachial plexus-associated axillary nerve palsy. *Plast Reconstr Surg* 2022;149(6):1380–90. DOI: 10.1097/PRS.00000000000009148
20. Ren G.h., Li R.g., Xiang D.y., Yu B. Reconstruction of shoulder abduction by multiple nerve fascicle transfer through posterior approach. *Injury* 2013;44(4):492–7. DOI: 10.1016/j.injury.2012.10.024
21. Xu W.D., Gu Y.D., Xu J.G., Tan L.J. Full-length phrenic nerve transfer by means of video-assisted thoracic surgery in treating brachial plexus avulsion injury. *Plast Reconstr Surg* 2002;110(1):104–9; discussion 110–1.
22. Zyaei A., Saied A. Functional outcome of ulnar nerve fascicle transfer for restoration of elbow flexion in upper brachial plexus injury. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2010;20(4):293–7.
23. Sokki A.M., Bhat D.I., Devi B.I. Cortical reorganization following neurotization: a diffusion tensor imaging and functional magnetic resonance imaging study. *Neurosurgery* 2012;70(5):1305–11; discussion 1311. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318241017d

## Authors' contributions | Вклад авторов

N.D.J.L. Villamil: conception and design, acquisition of data, critically revising the article, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, administrative/technical/material support, study supervision;

W.A. Flórez-Perdomo: conception and design, analysis and interpretation of data, drafting the article, reviewed submitted version of manuscript, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, administrative/technical/material support, study supervision;

M. Acosta: analysis and interpretation of data, drafting the article, study supervision;

M.I. Camargo: acquisition of data, critically revising the article, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, study supervision;

D.P.A. Pérez: acquisition of data, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, study supervision;

Amit Agrawal: conception and design, analysis and interpretation of data, drafting the article, critically revising the article, reviewed submitted version of manuscript, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, statistical analysis, study supervision;

L.R. Moscote-Salazar: conception and design, analysis and interpretation of data, drafting the article, critically revising the article, reviewed submitted version of manuscript, approved the final version of the manuscript on behalf of all authors, statistical analysis, administrative/technical/material support, study supervision.

N.D.J.L. Villamil: разработка концепции и дизайна, сбор данных, критический анализ статьи, утверждение окончательной версии рукописи, административная/техническая/материальная поддержка, руководство исследованием;

W.A. Flórez-Perdomo: разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных, подготовка статьи, рецензирование представленной версии рукописи, утверждение окончательной версии рукописи, административная/техническая/материальная поддержка, руководство исследованием;

M. Acosta: анализ и интерпретация данных, подготовка статьи, научное руководство исследованием;

M.I. Camargo: сбор данных, критический анализ статьи, утверждение окончательной версии рукописи, научное руководство исследованием;

D.P.A. Pérez: сбор данных, утверждение окончательной версии рукописи, научное руководство исследованием;

Amit Agrawal: разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных, написание статьи, критический пересмотр статьи, рецензирование представленной версии рукописи, утверждение окончательной версии рукописи, статистический анализ, научное руководство;

L.R. Moscote-Salazar: разработка концепции и дизайна, анализ и интерпретация данных, написание статьи, критический пересмотр статьи, рецензирование представленной версии рукописи, утверждение окончательной версии рукописи, статистический анализ, административная/техническая/материальная поддержка, руководство исследованием.

## Conflict of interest | Конфликт интересов

The authors report no conflict of interest concerning the materials or methods used in this study or findings specific.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов в отношении материалов, методов, использованных в данном исследовании, и конкретных результатов.

## Funding | Финансирование

The study was performed without external funding.

Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Article submitted | Статья поступила: 13.04.2025.

Peer reviewed | Рецензия: 28.11.2025.

Accepted for publication | Принята к публикации: 02.04.2026.

Published online | Опубликована онлайн: 11.06.2026.

# Двуствольный экстра-интракраниальный микроанастомоз при хронической окклюзии внутренней сонной артерии – ренессанс церебральной реваскуляризации? Обзор литературы

## Контакты:

Василий Витальевич  
Бобинов  
[neyro.bobinov@yandex.ru](mailto:neyro.bobinov@yandex.ru)

## В.В. Бобинов

Нейрохирургическое отделение №3 Российского научно-исследовательского нейрохирургического института им. проф. А.Л. Поленова – филиала ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12

Хроническая окклюзия внутренней сонной артерии может быть причиной гемодинамического ишемического инсульта, а также проявлять себя прогрессирующим снижением когнитивной функции. Крупные мультицентровые исследования не смогли продемонстрировать преимущества хирургической реваскуляризации головного мозга как в профилактике ишемического инсульта с ипсилатеральной стороны, так и в лечении когнитивного дефицита. Сообщения последних лет демонстрируют повышенный интерес к изучению эффективности и безопасности двуствольного экстра-интракраниального анастомоза в лечении пациентов с хронической окклюзией внутренней сонной артерии, однако такие публикации содержат в основном единичные случаи лечения и не носят систематический характер. Целью данной работы являются анализ и систематизация доступных данных литературы по безопасности, эффективности и технике выполнения реваскуляризации головного мозга путем формирования двуствольного экстра-интракраниального микроанастомоза при хронической окклюзии внутренней сонной артерии.

**Ключевые слова:** экстра-интракраниальный микроанастомоз, микроанастомоз, церебральная реваскуляризация, внутренняя сонная артерия, церебральный атеросклероз

**Для цитирования:** Бобинов В.В. Двуствольный экстра-интракраниальный микроанастомоз при хронической окклюзии внутренней сонной артерии – ренессанс церебральной реваскуляризации? Обзор литературы. Нейрохирургия 2026;28(2):98–103.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-98-103>

## Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for internal carotid artery chronic occlusion treatment a renaissance of cerebral revascularization? Literature review

V.V. Bobinov

Neurosurgical Department No. 3, Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery – branch of Almazov National Medical Research Centre; 12 Mayakovskogo St., Saint Petersburg 191014, Russia

**Contacts:** Vasiliy Vitalyevich Bobinov [neyro.bobinov@yandex.ru](mailto:neyro.bobinov@yandex.ru)

Chronic occlusion of the internal carotid artery may be a cause of hemodynamic ischemic stroke and may also manifest itself by progressive decline in cognitive function. Large multicenter studies have failed to demonstrate the benefits of surgical cerebral revascularization both in the prevention of ischemic stroke on the ipsilateral side and in the treatment of cognitive deficits. Reports in recent years indicate high efficacy and safety of double-barrel EC-IC bypass in the treatment of patients with chronic internal carotid artery occlusion; however, such publications are few and contain mostly single cases of treatment. The aim of this work is to analyze the available literature data on safety, efficacy and technique of performing cerebral revascularization by formation of a double-barrel EC-IC bypass.

**Keywords:** double-barrel EC–IC bypass, cerebral revascularization, microanastomosis, internal carotid artery occlusion

**For citation:** Bobinov V.V. Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass for internal carotid artery chronic occlusion treatment a renaissance of cerebral revascularization? Literature review. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):98–103.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-98-103>

Атеросклеротическое поражение церебральных и прецеребральных артерий является одной из основных причин развития острого ишемического инсульта. M. L. Flaherty и соавт. на основании крупного популяционного исследования оценили риски развития ишемического инсульта при окклюзии внутренней сонной артерии (ВСА). По их данным, они составили 8 % в течение 30 дней, 10 % в течение 1 года и 14 % в течение 5 лет после окклюзии артерии [1]. Помимо рисков развития ишемического инсульта хроническая окклюзия ВСА может проявляться постепенно прогрессирующими когнитивными нарушениями, что значительно снижает качество жизни таких пациентов [2]. Несмотря на прогресс в медицине, до настоящего времени не сформирована единая концепция лечения пациентов этой группы; рассматривались методы как медикаментозной терапии, так и хирургического лечения, однако оба метода полноценно не доказали своей эффективности. Реваскуляризация головного мозга путем создания экстра-интракраниального анастомоза между одной из ветвей поверхностной височной артерии (ПВА) и корковой ветвью средней мозговой артерии (СМА) при хронической окклюзии ВСА является хирургической опцией, направленной на улучшение церебрального кровотока, но ее эффективность уже несколько десятилетий остается предметом научных дискуссий.

Впервые возможность реваскуляризации головного мозга путем создания анастомоза между наружной сонной артерией и ВСА описали в 1963 г. E. Woringer и J. Kunlin. Авторы использовали венозную вставку для создания анастомоза [3]. Позднее, в 1967 г., M. G. Yasargil сообщил об успешном формировании анастомоза между ПВА и СМА у пациента с полной проксимальной окклюзией ВСА [4]. С этого момента экстра-интракраниальный микроанастомоз (ЭИКМА) стал широко использоваться при лечении пациентов с гигантскими аневризмами, опухолями основания черепа, болезнью мойя-мойя и стеноокклюзирующими поражениями церебральных и прецеребральных артерий, требующих улучшения кровотока [5].

Традиционно для создания ЭИКМА используется одна из ветвей ПВА в качестве донора и корковая ветвь (M4-сегмент) СМА в качестве реципиента; анастомоз формируется по типу «конец-в-бок». У ПВА имеются 2 терминальные ветви, и обычно большую из них по диаметру (лобную или височную) используют в качестве артерии-донора [6].

Одноствольный ЭИКМА является наиболее часто используемым анастомозом для улучшения кровотока у пациентов с болезнью мойя-мойя и хроническими окклюзиями ВСА. Имеются данные об использовании данной методики и для лечения пациентов с интракраниальными стенозами церебральных артерий (чаще ВСА, СМА). Этот анастомоз также часто используется для замещения кровотока при клипировании аневризм сложного строения, вовлекающих одну из ветвей в структуру аневризматического мешка, и при ятрогенном повреждении артерии во время удаления опухоли основания черепа. Тем не менее такой анастомоз не всегда может обеспечить адекватное улучшение или восполнение кровотока в 2 разных ишемизированных территориях или при необходимости клипирования 2 эфферентных артерий при лечении аневризмы [7].

С момента внедрения ЭИКМА в клиническую практику появлялись сообщения, что реваскуляризация головного мозга при хронической окклюзии или стенозе ВСА у пациентов с транзиторными ишемическими атаками или малыми инсультами (так называемыми симптомными окклюзиями) может предотвратить прогрессирование заболевания и развитие большого ишемического инсульта [8]. В связи с этим были организованы и проведены крупные рандомизированные исследования, направленные на изучение эффективности и безопасности этого метода лечения. В исследовании EC–IC bypass Study (1985), которое сравнивало результаты хирургической реваскуляризации головного мозга при стенозах и окклюзиях сонных артерий с результатами медикаментозного лечения, были включены 1337 пациентов (714 – в группу медикаментозного и 663 – в группу хирургического лечения). Авторы сравнивали частоту развития ишемического инсульта в обеих группах и пришли к выводу, что хирургическое лечение не имеет преимуществ перед консервативной терапией [9]. В 2011 г. были опубликованы результаты рандомизированного исследования COSS (Carotid Occlusion Surgery Study), проводимого с 2002 г., авторы которого выступили с критикой исследования EC–IC bypass Study, указав, что существует группа пациентов с гемодинамической церебральной ишемией, обусловленной плохим коллатеральным кровотоком, у которой хирургическое лечение будет иметь преимущество. Однако результаты данного исследования также не смогли продемонстрировать явных преимуществ хирургического лечения

хронических окклюзий ВСА перед медикаментозной терапией [10]. Публикация результатов исследования COSS в 2011 г. привела к снижению количества проводимых операций по формированию ЭИКМА при симптомной окклюзии ВСА в Северной Америке с 40 % (2008–2010 гг.) до 20 % (2011–2014 гг.) [11].

В связи с большим количеством критических замечаний в адрес проведенных рандомизированных исследований группа ученых из Китая в 2013 г. организовала мультицентровое исследование CMOSS (the Carotid and Middle Cerebral Artery Occlusion Surgery Study), направленное на изучение эффективности ЭИКМА в сочетании с медикаментозной терапией в сравнении с только медикаментозным лечением. Набор пациентов в это исследование происходил с 2013 по 2018 г. Все пациенты проходили контрольное обследование через 2 года после включения в исследование. Результаты исследования были опубликованы в 2023 г. Авторы пришли к неутешительным выводам, что добавление хирургической реваскуляризации путем формирования ЭИКМА к медикаментозной терапии при симптомной окклюзии ВСА или СМА не снижает рисков развития ишемического инсульта с ипсилатеральной стороны [12]. Отдельного внимания заслуживают результаты японского исследования JET (Japanese EC–IC Bypass Trial), в котором авторы указывают на положительное влияние анастомоза в профилактике повторного ишемического инсульта при симптомном атеросклеротическом стеноокклюзирующем поражении ВСА или СМА [13].

Придя к выводу, что ЭИКМА при хронической окклюзии ВСА не способствует профилактике развития ишемического инсульта, исследователи направили свои поиски на изучение лечебного эффекта реваскуляризации головного мозга при уже имеющемся неврологическом дефиците. Еще в 1976 г. S. Jacques и J. T. Garner сообщили о положительной динамике после формирования ЭИКМА при лечении пациентки с ишемическим инсультом, проявившимся речевыми нарушениями. По данным авторов, после проведенного оперативного лечения был достигнут полный регресс афазии [14]. В 1977 г. S. J. Peerless впервые задокументировал влияние церебральной реваскуляризации на когнитивную функцию. Автор сообщил о значимом регрессе «симптомов деменции» у половины пациентов, которым выполнено формирование ЭИКМА, однако при изучении когнитивной функции не использовались специализированные методы оценки [15]. По мнению японских ученых, пациенты с гемодинамической ишемией, обусловленной хронической окклюзией ВСА или СМА, имеют выраженные когнитивные нарушения, которые частично поддаются коррекции при проведении реваскуляризации головного мозга. M. Sasoh и соавт. сообщили о результатах изучения динамики когнитивного статуса у 25 паци-

ентов после проведенного формирования ЭИКМА. Снижение когнитивного статуса до операции было выявлено у 13 пациентов и ассоциировалось со снижением церебрального кровотока и увеличением времени транзита крови в ипсилатеральной окклюзии полушария по данным позитронно-эмиссионной томографии. После проведения церебральной реваскуляризации путем создания ЭИКМА улучшение когнитивной функции происходило при повышении церебрального кровотока и снижении времени транзита крови. На основании полученных данных авторы пришли к выводу, что при достижении адекватного восполнения церебрального кровотока когнитивная дисфункция доступна частичной коррекции [16].

Исследование J. Fiedler и соавт., включившее 20 пациентов с когнитивными нарушениями, развившимися до формирования ЭИКМА, показало, что в течение 12 мес после реваскуляризации головного мозга может быть достигнуто значимое улучшение когнитивной функции. Авторы указывают на необходимость рутинного нейропсихологического обследования всех пациентов с хроническими окклюзиями ВСА для уточнения показаний к оперативному лечению [17]. В 2016 г. В. А. Лукшин и соавт. сообщили, что на фоне проведенной операции путем создания ЭИКМА при хронической окклюзии ВСА объективное улучшение неврологического статуса в послеоперационном периоде наблюдалось в 53 % случаев [18].

Таким образом, складывается впечатление о том, что реваскуляризация головного мозга при хронической окклюзии ВСА путем создания одноствольного ЭИКМА в большинстве случаев не может адекватно обеспечить потребности церебральной перфузии. Это, вероятно, может быть объяснимо тем, что одноствольный анастомоз в ряде случаев может обеспечить кровотоком лишь одну сосудистую территорию – бассейн лобной или височной ветви СМА, в то время как при хронической окклюзии ВСА дефицит кровотока может формироваться по обеим ветвям. Следует учитывать, что крупные международные исследования, направленные на изучение возможности ЭИКМА в профилактике повторного ишемического инсульта (EC–IC bypass study, COSS, CMOSS), оценивали исключительно результаты выполнения реваскуляризации путем формирования одноствольного микроанастомоза. При этом локализация развившегося инсульта на стороне проведенного оперативного вмешательства указывалась без детального уточнения сосудистой территории (лобная или височная ветвь СМА), что, вероятно, является не совсем корректным для оценки эффективности данной методики.

В 1974 г. O. H. Reichman впервые описали методику формирования двуствольного ЭИКМА [19]. Это случилось более 50 лет назад, однако крупных исследований, направленных на изучение эффективности

и безопасности такой ревазуляризации головного мозга, до сих пор не проводилось. Так, L. V. Oliveira и соавт. в 2024 г. опубликовали систематический обзор, посвященный техническим аспектам и отдаленным результатам выполнения двуствольного ЭИКМА. Авторам удалось собрать базу данных всего из 408 пациентов с 534 микроанастомозами. Следует учитывать, что наиболее крупные опубликованные серии состояли из пациентов с болезнью мойя-мойя, в то время как случаи стенооокклюзирующих поражений ВСА и СМА в основном имели единичный характер [20].

Следует уточнить, что, по мнению большинства авторов, стандартный одноствольный ЭИКМА классифицируют как низкопоточный в связи с тем, что по такому анастомозу осуществляется транзит относительно небольшого объема кровотока (20–70 мл/мин) [6]. Различают также анастомозы среднепоточные (60–100 мл/мин) (например, при формировании анастомоза между верхнечелюстной артерией и М2-сегментом СМА) и высокопоточные (100–200 мл/мин), донором при которых обычно выступает ВСА или наружная сонная артерия на уровне шейных сегментов [21]. В обоих этих случаях используется сосудистая вставка из вены или артерии (наиболее часто в качестве графта используется лучевая артерия или большая подкожная вена) [22].

J. Cherian и соавт. в 2018 г. представили интересные данные по сравнению объемного кровотока при двуствольном и высокопоточном анастомозах. Применив закон Пуазейля и сложив объем кровотока по 2 ветвям анастомоза, авторы пришли к выводу, что двуствольный ЭИКМА может быть использован в качестве практически равнозначной замены в ситуациях, когда требуется высокопоточный экстра-интракраниальный анастомоз. Объемный кровоток, измеренный интраоперационно при двуствольном ЭИКМА, показал значения, существенно превышающие данные при одноствольном анастомозе и крайне близкие к высокопоточному. Среднее значение объемного кровотока по двуствольному анастомозу в данном исследовании составило 69,2 мл/мин, максимальное – 120 мл/мин, в то время как при одноствольном среднее значение было 38,5 мл/мин, максимальное – 40 мл/мин [23].

J. K. Burkhardt и соавт. указывают на такие преимущества двуствольного ЭИКМА перед широкопроектным анастомозом, как возможность проведения операции из одного кожного разреза, минимальные трудовые затраты для выделения второй донорской артерии, избавление пациента от необходимости дополнительного разреза в области шеи, выделения лучевой артерии в качестве графта. Что еще более важно, двуствольный анастомоз позволяет одномоментно ревазуляризовать различные сосудистые территории (например, бассейн лобной и височной ветвей СМА) [6].

Техника выполнения оперативного вмешательства для формирования двуствольного ЭИКМА не сильно отличается от одноствольного. Операцию выполняют под общей анестезией. Голову пациента поворачивают в противоположном от стороны патологии направлении и фиксируют. С использованием доплерографического картирования определяют расположение обеих ветвей ПВА. Осуществляют линейный или дугообразный разрез кожи в проекции теменной ветви до уровня бифуркации ПВА. В ряде случаев производят дополнительный сателлитный разрез в проекции лобной ветви для ее лучшей мобилизации. Теменную ветвь выделяют из мягких тканей от дистального в проксимальном направлении для минимизации рисков травматизации донора. Лобную ветвь выделяют в дистальном направлении. Ряд авторов не рекомендуют отсекал артерии до выполнения краниотомии, если это позволяют анатомические условия. Височную мышцу рассекают Т- или С-образным разрезом. Далее выполняют небольшую краниотомию в лобно-височной области над сильвиевой щелью, рассекают твердую мозговую оболочку и выделяют М4-сегменты СМА, подходящие для использования в качестве реципиентов. Обе артерии-доноры временно клипируют проксимально и отсекают в дистальной части, промывают физиологическим раствором с гепарином. Производят артериолиз и придают концам донорской артерии форму «рыбий рот» (fish mouth) – косой срез артерии под углом 60° и дополнительный продольный разрез стенки артерии от «пятки». Производят временное клипирование артерии-реципиента дистально и проксимально, далее осуществляют линейную артериотомию. Шов анастомоза по типу «конец-в-бок» начинают с фиксации узловыми швами так называемых «носок» и «пятки» артерии донора к краям линейного разреза артерии-реципиента. После этого осуществляют шов задней стенки анастомоза, затем – передней. Традиционно используют отдельные узловые швы, но ряд авторов рекомендуют применять непрерывный шов для экономии времени. Пуск кровотока осуществляют путем снятия клипс сначала с реципиентной артерии, затем с донорской. Такая тактика позволяет оценить функционирование анастомоза за счет ретроградного заполнения артерии-донора после снятия клипс с реципиента. Это особенно актуально при отсутствии возможности проведения интраоперационной видеоангиографии или контактной флоуметрии. Аналогичным образом формируют второй анастомоз [4, 6, 22, 24].

Основным регионом кровоснабжения лобной и теменной ветвей ПВА являются кожа и мягкие ткани лобной, теменной и височной областей головы. При формировании двуствольного ЭИКМА обе эти ветви ПВА исключаются из естественного кровотока, что теоретически может сопровождаться развитием

ишемии мягких тканей в регионе выполненного оперативного вмешательства, однако в настоящее время подобные сообщения отсутствуют в источниках литературы, что, вероятно, обусловлено небольшим количеством выполненных по данной методике оперативных вмешательств. О. Gratzl и соавт. сообщили, что частота некроза кожи в их серии из 65 пациентов составила 4,6 %, однако методика двухствольного анастомоза в этой серии использовалась лишь в 3 случаях [25].

Отдельного обсуждения требует возможность использования техники создания двойного ЭИКМА при реваскуляризации доминантного полушария головного мозга, а также в случаях необходимости билатеральной реваскуляризации. J.K. Burkhardt и соавт. представили серию из 22 пациентов, которым выполнялось сочетание одноствольного анастомоза с одной стороны и двухствольного с другой при необходимости реваскуляризации двух полушарий головного мозга. Авторы указывают на некоторый консерватизм при выполнении реваскуляризации доминантного полушария, предпочитая в этом случае методику создания одноствольного ЭИКМА. Свою тактику они обосновывают расположением речевых зон и опасениями развития гиперперфузии со стойкими афатическими нарушениями. Кроме того, авторы предложили свои рекомендации по выбору метода билатеральной реваскуляризации головного мозга (одноствольной или двухствольной) пациентам с патологией церебральных сосудов. Так, по их мнению, при болезни мойя-мойя предпочтительным считается одноствольный анастомоз, в то время как при хронической окклюзии или стенозе артерии целесообразнее сочетание двухствольного анастомоза с одноствольным на контралатеральной стороне [6]. Р. Кап и соавт. сообщили, что двухствольная реваскуляризация доминантного полушария при хронических окклюзиях или стенозах не только не несет в себе больших рисков развития гиперперфузии, но и является более предпочтительной и может существенно улучшить функциональный исход лечения [5]. Наш опыт также показал, что своевременная коррекция перфузионного дефицита методом форми-

рования двойного ЭИКМА может способствовать регрессу не только когнитивных, но и двигательных нарушений [26].

Следует учитывать, что формирование двойного анастомоза не всегда может быть доступно в связи с отсутствием или выраженной гипоплазией одной из ветвей ПВА. В таких случаях при необходимости реваскуляризации двух сосудистых регионов G.D. Arnone и соавт. была разработана методика одноствольного двойного анастомоза, при которой из одной донорской артерии осуществляется кровоснабжение 2 реципиентных. В этой ситуации накладывается классический одноствольный анастомоз по типу «конец-в-бок», а также дополнительный анастомоз по типу «бок-в-бок» [27].

Несмотря на то что методика создания двухствольного ЭИКМА не является новой, интерес к ней появился только после многочисленных исследований, направленных на изучение эффективности одноствольных анастомозов при лечении хронической окклюзии ВСА, показавших неудовлетворительные результаты. Эффективность двухствольного анастомоза в лечении таких пациентов еще не доказана ни одним крупным клиническим исследованием, однако опубликованные серии наблюдений демонстрируют потенциальную возможность получения таких данных. Среди преимуществ этой методики в первую очередь следует отметить возможность реваскуляризации 2 различных сосудистых регионов, а также меньшие периоперационные риски, чем при высокопоточном анастомозе, что позволяет задуматься о перспективах формирования новой парадигмы церебральной реваскуляризации при хронической окклюзии ВСА.

Анализ имеющихся данных литературы показал высокую перспективность методики реваскуляризации головного мозга путем создания двухствольного микроанастомоза, тем не менее требуются дополнительное уточнение параметров отбора пациентов на такое оперативное лечение, а также разработка рекомендательного протокола по периоперационному ведению этих пациентов.

## Литература | References

1. Flaherty M.L., Flemming K.D., McClelland R. et al. Population-based study of symptomatic internal carotid artery occlusion: incidence and long-term follow-up. *Stroke* 2004;35(8):e349–52. DOI: 10.1161/01.STR.0000135024.54608.3f
2. Xu B., Li C., Guo Y. et al. Current understanding of chronic total occlusion of the internal carotid artery. *Biomed Rep* 2018;8(2):117–25. DOI: 10.3892/br.2017.1033
3. Wöringer E., Kunlin J. Anastomose entre la carotide primitive et la carotide intra-cranienne ou la sylvienne par greffon selon la technique de la suture suspendue [Anastomosis between the common carotid and the intracranial carotid or the sylvian artery by a graft, using the suspended suture technic]. *Neurochirurgie* 1963;9:181–8.
4. Yasargil M.G., Yonekawa Y. Results of microsurgical extraintracranial arterial bypass in the treatment of cerebral ischemia. *Neurosurgery* 1977;1:22–4. DOI: 10.1227/00006123-197707000-00005
5. Kan P., Srinivasan V.M., Srivatsan A. et al. Double-barrel STA-MCA bypass for cerebral revascularization: lessons learned from a 10-year experience. *J Neurosurg* 2021;135(5):1385–93. DOI: 10.3171/2020.9.JNS201976
6. Burkhardt J.K., Winkler E.A., Gandhi S., Lawton M.T. Single-barrel versus double-barrel superficial temporal artery to middle

- cerebral artery bypass: a comparative analysis. *World Neurosurg* 2019;125:e408–15. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.01.089
- Chater N., Mani J., Tonnemacher K. Superficial temporal artery bypass in occlusive cerebral vascular disease. *Calif Med* 1973;119(2):9–13. PMID: 4726959.
  - McDowell F., Flamm E.S. EC/IC bypass study. *Stroke* 1986;17(1):1–2. DOI: 10.1161/01.str.17.1.1
  - EC/IC Bypass Study Group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial. *N Engl J Med* 1985;313(19):1191–200. DOI: 10.1056/NEJM198511073131904
  - Powers W.J., Clarke W.R., Grubb R.L. Jr et al.; COSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass surgery for stroke prevention in hemodynamic cerebral ischemia: the Carotid Occlusion Surgery Study randomized trial. *JAMA* 2011;306(18):1983–92. DOI: 10.1001/jama.2011.1610. Erratum in: *JAMA* 2011;306(24):2672. PMID: 22068990.
  - Winkler E.A., Yue J.K., Deng H. et al. National trends in cerebral bypass surgery in the United States, 2002–2014. *Neurosurg Focus* 2019;46(2):E4. DOI: 10.3171/2018.11.FOCUS18530
  - Ma Y., Wang T., Wang H. et al.; CMOSS Investigators. Extracranial-intracranial bypass and risk of stroke and death in patients with symptomatic artery occlusion: the CMOSS randomized clinical trial. *JAMA* 2023;330(8):704–14. DOI: 10.1001/jama.2023.13390
  - Ogasawara K., Ogawa A. JET study (Japanese EC-IC Bypass Trial). *Nihon Rinsho* 2006;64(Suppl 7):524–7. (Japanese). PMID: 17461199.
  - Jacques S., Garner J.T. Reversal of aphasia with superficial temporal artery to middle cerebral artery anastomosis. *Surg Neurol* 1976;5(3):143–5. PMID: 1257882.
  - Peerless S.J., Chater N.L., Ferguson G.F. Multiple-vessel occlusions in cerebrovascular disease – a further followup of the effects of microvascular bypass on the quality of life and the incidence of stroke. In: *Microsurgery for Stroke*. Eds.: P. Schmiedek, O. Gratzl, R.F. Spetzler. Springer, New York, NY, 1977. DOI: 10.1007/978-1-4612-6349-4\_35
  - Sasoh M., Ogasawara K., Kuroda K. et al. Effects of EC-IC bypass surgery on cognitive impairment in patients with hemodynamic cerebral ischemia. *Surg Neurol* 2003;59(6):455–60; discussion 460–3. DOI: 10.1016/s0090-3019(03)00152-6
  - Fiedler J., Příbáň V., Skoda O. et al. Cognitive outcome after EC-IC bypass surgery in hemodynamic cerebral ischemia. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153(6):1303–11; discussion 1311–2. DOI: 10.1007/s00701-011-0949-x
  - Лукшин В.А., Усачев Д.Ю., Пронин И.Н. и др. Критерии эффективности хирургической ревазуляризации головного мозга у больных с хронической церебральной ишемией. *Вопросы нейрохирургии* 2016;80(2):53–62. Lukshin V.A., Usachev D.Yu., Pronin I.N. et al. Criteria for the effectiveness of surgical revascularization of the brain in patients with chronic cerebral ischemia. *Voprosy neyrokhirurgii = Issues of Neurosurgery* 2016;80(2):53–62. (In Russ.).
  - Reichman O.H., Davis D.O., Roberts T.S., Satovick R.M. Anastomosis between STA and cortical branch of MCA for the treatment of occlusive cerebrovascular disease. *Reconstr Surg Brain Arter Publ House Hung Acad Sci* 1974:201–18.
  - Oliveira L.B., Cieslak P.H., Ferreira M.Y. et al. STA-MCA double-barrel bypass: a systematic review of technique and single-arm meta-analysis of outcomes. *Neurosurg Rev* 2024;47(1):341. DOI: 10.1007/s10143-024-02520-y
  - Лукьянчиков В.А., Орлов Е.А., Оганесян М.В. и др. Анатомические основы хирургической ревазуляризации головного мозга: обоснование выбора шунтирующей операции. *Журнал «Вопросы нейрохирургии» им. Н.Н. Бурденко* 2021;85(6):120–6. Lukyanchikov V.A., Orlov E.A., Oganessian M.V. et al. Anatomical basis of surgical revascularization of the brain: rationale for the choice of bypass surgery. *Zhurnal Voprosy neyrikhirurgii im. N.N. Burdenko = Burdenko's Journal of Neurosurgery* 2021;85(6):120–6. (In Russ.).
  - Rodríguez-Hernández A., Josephson S.A., Lawton M.T. Bypass surgery for the prevention of ischemic stroke: current indications and techniques. *Neurocirugía* 2012;23(1):5–14. DOI: 10.1016/j.neucir.2011.11.001
  - Cherian J., Srinivasan V., Kan P., Duckworth E.A.M. Double-barrel superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass: can it be considered “high-flow?”. *Oper Neurosurg* 2018;14(3):288–94. DOI: 10.1093/ons/opx119
  - Srinivasan V.M., Griessenauer C.J., Rodríguez-Hernández A. et al. A survey of microsurgical technique for extracranial-to-intracranial bypass. *World Neurosurg* 2020;141:e743–51. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.06.025
  - Gratzl O., Schmiedek P., Spetzler R. et al. Clinical experience with extra-intracranial arterial anastomosis in 65 cases. *J Neurosurg* 1976;44(3):313–24. DOI: 10.3171/jns.1976.44.3.0313
  - Бобинов В.В., Туканов Н.Ю., Горощенко С.А. и др. Формирование «двуствольного» экстра-интракраниального микроанастомоза для церебральной ревазуляризации после ишемического инсульта. *Российский нейрохирургический журнал им. проф. А.Л. Поленова* 2023;15(2):116–21. DOI: 10.56618/2071-2693\_2023\_15\_2\_116 Bobinov V.V., Tukanov N.Yu., Goroshchenko S.A. et al. Formation of a “double-barreled” extra-intracranial microanastomosis for cerebral revascularization after ischemic stroke. *Rossiyskiy neyrokhirurgicheskiy zhurnal im. prof. A.L. Polenova = The Russian Neurosurgical Journal n.a. prof. A.L. Polenov* 2023;15(2):116–21. (In Russ.). DOI: 10.56618/2071-2693\_2023\_15\_2\_116
  - Arnone G.D., Hage Z.A., Charbel F.T. Single vessel double anastomosis for flow augmentation – a novel technique for direct extracranial to intracranial bypass surgery. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;17(4):365–75. DOI: 10.1093/ons/opy396

ORCID автора | ORCID of author

V.V. Бобинов / V.V. Bobinov: <https://orcid.org/0000-0003-0956-6994>

Конфликт интересов | Conflict of interest

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.  
The author declares no conflict of interest.

Финансирование | Funding

Работа выполнена без спонсорской поддержки.  
The work was performed without external funding.

Статья поступила | Article submitted: 23.04.2025.

Рецензия | Peer reviewed: 12.05.2026.

Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.

Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

# Профилактика развития дизрезорбтивной шунтзависимой гидроцефалии у пациентов после разрыва артериальных аневризм сосудов головного мозга

О.Г. Симонян<sup>1</sup>, А.В. Природов<sup>1,2</sup>, Е.Ю. Бахарев<sup>1</sup>, А.А. Гринь<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;  
<sup>2</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1

## Контакты:

Овик Горович  
Симонян  
[ovik.sim@bk.ru](mailto:ovik.sim@bk.ru)

Дизрезорбтивная гидроцефалия является одним из грозных осложнений, возникающих в отдаленном периоде нетравматического субарахноидального кровоизлияния вследствие разрыва артериальной аневризмы головного мозга. Развитие данного осложнения существенно влияет на функциональные исходы у больных данной категории. В обзоре освещены эпидемиология, факторы риска, а также актуальные методы профилактики данного осложнения, в частности особое внимание уделено методу интратекального фибринолиза, способного в сочетании с дренированием цереброспинальной жидкости влиять на частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии и вторичной ишемии головного мозга.

**Ключевые слова:** дизрезорбтивная гидроцефалия, дренирование цереброспинальной жидкости, интратекальный фибринолиз

**Для цитирования:** Симонян О.Г., Природов А.В., Бахарев Е.Ю., Гринь А.А. Профилактика развития дизрезорбтивной шунтзависимой гидроцефалии у пациентов после разрыва артериальных аневризм сосудов головного мозга. Нейрохирургия 2026;28(2):104–12.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-104-112>

## Prevention of malresorptive shunt-dependent hydrocephalus development in patients after cerebral aneurysms rupture

O. G. Simonyan<sup>1</sup>, A. V. Prirodov<sup>1,2</sup>, E. Yu. Bakharev<sup>1</sup>, A. A. Grin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Plashchad, Moscow 129090, Russia;

<sup>2</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

**Contacts:** Ovik Gorovich Simonyan [ovik.sim@bk.ru](mailto:ovik.sim@bk.ru)

Dysresorptive hydrocephalus is one of the formidable complications that occur in the long-term period of non-traumatic subarachnoid hemorrhage due to rupture of an arterial aneurysms of the brain. The development of this complication significantly affects the functional outcomes in this category of patients. The review highlights the epidemiology, risk factors and current methods of preventing this complication, in particular, special attention is paid to the method of intrathecal fibrinolysis, which, in combination with cerebrospinal fluid drainage can affect the incidence of dysresorptive hydrocephalus and secondary cerebral ischemia.

**Keywords:** dysresorptive shunt-dependent hydrocephalus, drainage of cerebrospinal fluid, intrathecal fibrinolysis

**For citation:** Simonyan O.G., Prirodov A.V., Bakharev E.Yu., Grin A.A. Prevention of malresorptive shunt-dependent hydrocephalus development in patients after cerebral aneurysms rupture. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2026;28(2):104–12.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-104-112>

**ВВЕДЕНИЕ**

Нетравматическое субарахноидальное кровоизлияние (САК) вследствие разрыва артериальной аневризмы сосудов головного мозга является заболеванием, характеризующимся высокой частотой смертности и развитием грубых неврологических нарушений [1, 2]. Летальность, по разным данным, может составлять от 8,3 до 66,7 % [3]. Согласно данным литературы, примерно 10–20 % больных с аневризматическим САК умирают еще на догоспитальном этапе [4, 5], а летальность в первые 2–3 нед варьирует от 30 до 40 % [6, 7]. Кроме того, инвалидизация среди выживших пациентов достигает 30 % [1, 3, 8]. Одной из причин низких функциональных исходов у пациентов с аневризматическим САК является развитие в отдаленном периоде дизрезорбтивной гидроцефалии.

Дизрезорбтивная гидроцефалия является отсроченным осложнением, развивающимся вследствие нетравматического САК на фоне разрыва артериальной аневризмы головного мозга, может существенно ухудшать функциональные исходы и впоследствии требует выполнения ликворошунтирующей операции [6, 8–15].

Формирование данного осложнения значительно снижает реабилитационный потенциал пациентов, ухудшает функциональные результаты, а проведение нового оперативного вмешательства уже в целях лечения развившейся гидроцефалии создает дополнительные риски периоперационных осложнений, что в конечном итоге может приводить к неблагоприятному исходу лечения [8, 16, 17].

**ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И ФАКТОРЫ РИСКА**

Частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии варьирует, по разным данным, от 10 до 30 % от всех пациентов, перенесших САК вследствие разрыва артериальной аневризмы (табл. 1) [9–12, 18–26].

По данным НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии в отдаленном периоде аневризматического САК составляет 18 % [6, 7, 18, 27–33].

В настоящее время вопрос о причинах развития дизрезорбтивной гидроцефалии остается нерешенным. Одними из ключевых факторов, способствующих развитию данного осложнения в отдаленном периоде аневризматического САК, являются фиброз и склерозирование

Таблица 1 | Table 1

Частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии по данным литературы  
Frequency of development of dysresorptive hydrocephalus according to literature data

Автор, год, источник Author, year, source	Число пациентов в исследовании Number of patients in the study	Гендерное разделение мужчины/женщины Gender distribution male/female	Общее количество шунтирующих операций по поводу дизрезорбтивной гидроцефалии, n (%) Total number of shunt operations for dysresorptive hydrocephalus, n (%)
L. Esteban Estallo et al., 2024 [12]	238	-	28 (11,7)
M. Lenski et al., 2019 [9]	63	21/42	21 (33,3)
X. Hao, D. Wei, 2019 [10]	845	317/528	121 (14,3)
J.H. Kim et al., 2019 [11]	254	74/180	47 (18,5)
D. Dising et al., 2018 [27]	314	-	61 (27,1)
C. Woernle et al., 2013 [28]	389	-	91 (23,4)
M.K. Tso et al., 2016 [29]	413	121/292	71 (17,2)
H.A. Zaidi et al., 2015 [30]	471	139/332	147 (31,2)
H. Yu et al., 2014 [31]	202	81/121	40 (19,8)
H.O. Erixon et al., 2014 [32]	90	26/64	30 (33,3)
I.S. Bae et al., 2014 [33]	215	75/140	30 (14)
F. Rincon et al., 2010 [18]	580	189/391	61 (10,5)

пахсионных грануляций, возникающих вследствие воспалительной реакции в ответ на попадание сгустков крови и продуктов ее распада в субарахноидальное пространство. В конечном итоге развивающийся адгезивный асептический арахноидит приводит к нарушению ликвородинамики в виде дизрезорбции ликвора в желудочковой системе головного мозга, что является отправной точкой последующей клинко-инструментальной картины гидроцефалии [6, 9, 16, 19–25].

В процессе изучения патогенеза на первый план выходит выявление основных факторов риска, значительно повышающих частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии.

По данным НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии повышают следующие факторы [6, 16, 17]:

- пожилой возраст пациентов (старше 70 лет);
- женский пол;
- $\geq$ III степень тяжести состояния по шкале Hunt–Hess;
- массивное САК по данным компьютерной томографии (КТ) ( $\geq$ III степень по шкале Fisher);
- наличие внутрижелудочкового кровоизлияния разной степени интенсивности;
- расширение желудочков мозга по данным КТ в остром периоде САК;
- клинко-инструментальная картина ангиоспазма;
- аневризмы, локализованные в задних отделах артериального круга большого мозга;
- эндоваскулярное выключение аневризм.

Однако, по данным Н.А. Zaidi и соавт., статистически значимых различий в частоте развития дизрезорбтивной гидроцефалии, основанной на способе выполненного хирургического лечения (открытого или эндоваскулярного закрытия аневризм), не выявлено [30]. Схожие результаты получены Z. Xie и соавт., по данным которых эндоваскулярное закрытие аневризм не являлось фактором риска развития дизрезорбтивной гидроцефалии [34]. При этом в данных работах авторы указывают на то, что у пациентов с более массивным кровоизлиянием ( $\geq$ III степень по шкале Fisher) частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии выше.

Противоречивость полученных данных, касающихся степени влияния способа оперативного вмешательства (открытого или эндоваскулярного) в лечении аневризм в остром периоде САК на развитие дизрезорбтивной гидроцефалии, имеет патогенетическое обоснование. При эндоваскулярном методе лечения отсутствует возможность механического удаления сгустков крови, деградация которых является основополагающим в каскаде последующих изменений в ликвородинамике.

В работе С.Д. Wilson и соавт. продемонстрировано, что высокая частота развития дизрезорбтивной гидро-

цефалии в женской популяции, вполне вероятно, связана больше с тем, что аневризматическая болезнь сосудов головного мозга чаще встречается у данной категории больных [35].

Степень кровоизлияния по данным КТ головного мозга, оцениваемая по шкале Fisher, не только позволяет оценить риски развития вазоспазма у больных данной категории [36, 37], но и является прогностически значимым критерием, который выявляет больных с более высоким риском развития дизрезорбтивной гидроцефалии. Так, у пациентов с кровоизлиянием  $\geq$ III степени по шкале Fisher чаще развивается гидроцефалия [32, 33, 37–40].

Оценка неврологического статуса является одним из первых методов, позволяющих получить представление о степени тяжести состояния пациента. Для больных с аневризматическим САК используют шкалу Hunt–Hess [41]. По данным литературы, высокие баллы (3 и более) по данной шкале коррелируют с повышенным риском развития дизрезорбтивной гидроцефалии и, соответственно, с худшим функциональным исходом [33, 34, 38–40, 42].

Внутрижелудочковое кровоизлияние также является независимым фактором риска развития дизрезорбтивной гидроцефалии, имеющим патогенетическую основу, так как при нем существенно меняется ликвородинамика [19, 27–29, 34, 35, 40].

Церебральный ангиоспазм у пациентов с аневризматическим САК – общеизвестное осложнение, негативно влияющее на исходы лечения данного заболевания [26, 35, 43–45].

Так, Z. Dogaи и соавт. выявили, что 36 (35,3 %) из 102 пациентов с клиническими и инструментальными признаками вазоспазма требовалось впоследствии выполнение шунтирующей операции [38]. Аналогично в исследованиях L. Chen и соавт., P. Di Russo и соавт. сделан вывод, что клинически значимый и инструментальный ангиоспазм увеличивал риск развития дизрезорбтивной гидроцефалии [40, 46].

Стоит отметить, что во многих работах, оценивающих предикторы развития дизрезорбтивной гидроцефалии, авторы делают акцент на степень кровоизлияния, наличие симптомного вазоспазма и выявленных очагов ранней ишемии при КТ головного мозга [27, 44, 45, 47].

В метаанализе L. Chen и соавт. рассмотрен вопрос о влиянии различных факторов риска, помимо вышеперечисленных, на частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии [40]:

- возраст пациентов старше 50 лет – прогностически неблагоприятный фактор развития дизрезорбтивной гидроцефалии (относительный риск (ОР) 2,32; 95 % доверительный интервал (ДИ) 1,44–3,73;  $p = 0,0005$ );

- повторный разрыв артериальной аневризмы и повторное САК повышают частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии в 2 раза (ОР 2,43; 95 % ДИ 1,68–3,50;  $p < 0,00001$ );
- наличие внутримозговой гематомы – дополнительный фактор риска развития дизрезорбтивной гидроцефалии (ОР 1,27; 95 % ДИ 1,14–1,41;  $p < 0,00001$ );
- внутричерепная инфекция – крайне неблагоприятный фактор риска. По данным авторов, перенесенный менингит повышал частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии в 5 раз (ОР 4,63; 95 % ДИ 3,92–5,47;  $p < 0,00001$ ).

Многими авторами предпринимаются попытки объединить изучаемые и описываемые факторы риска в прогностические шкалы. Так, R. Jabbarli и соавт. в период с 2008 по 2013 г. проанализировали данные 242 пациентов с аневризматическим САК, у 75 (31 %) из которых развилась дизрезорбтивная гидроцефалия. Авторы провели статистический анализ факторов риска, влияющих на частоту развития данного осложнения. На основании этого была сформирована прогностическая шкала CHES (Chronic Hydrocephalus Ensuing from SAH Score). В ее основе лежат 5 основных пунктов:  $\geq$ IV степень тяжести состояния пациента по шкале Hunt–Hess (1 балл), расположение разорвавшейся аневризмы в области вертебро-базилярного бассейна (1 балл), наличие острой окклюзионной гидроцефалии (4 балла), внутрижелудочковое кровоизлияние (1 балл), наличие участков ишемии головного мозга по данным КТ головного мозга при поступлении пациента в стационар (1 балл). Таким образом, у пациентов с 6 баллами и более по шкале CHES частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии была значительно выше, чем в группе пациентов, имевших более низкие (<6 баллов) результаты по данной шкале [47].

В дальнейшем D. Dising и соавт. была предложена новая шкала раннего прогноза развития дизрезорбтивной гидроцефалии. Анализ историй болезни 225 пациентов показал, что в отдаленном периоде 27,1 % пациентов нуждались в установке шунтирующей системы. На основании результатов статистического анализа большинства факторов риска, приводящих к дизрезорбтивной гидроцефалии, была сформирована новая шкала – SDASH (Shunt Dependency After SAH score), которая учитывала следующие критерии: наличие острой окклюзионной гидроцефалии (2 балла), 3 балла и более по шкале BNI (Barrow Neurological Institute) (1 балл),  $\geq$ IV степень тяжести состояния пациента по шкале Hunt–Hess (1 балл). Соответственно, максимально возможное количество баллов – 4. По данным авторов, при 0 баллов по шкале SDASH частота развития дизрезорбтивной гидроцефалии – 2,9 %, при 1 балле – 18,6 %, при 2 баллах – 40,6 %, при 3 баллах – 50 %, при 4 баллах – 76,2 % [27, 44, 45].

## МЕТОДЫ ПРОФИЛАКТИКИ

На данный момент в литературе встречаются в основном работы, посвященные изучению уже состоявшегося осложнения – дизрезорбтивной гидроцефалии. Однако вопрос о способах профилактики развития данного состояния в отдаленном периоде аневризматического САК остается мало исследованным и диктует необходимость его изучения [6, 7, 16, 18–20, 25, 26, 29, 30, 32–35, 43, 48–50].

Фундаментальной причиной, вызывающей обширный воспалительный каскад в арахноидальной оболочке, нарушающей ликвородинамику, являются излившаяся кровь и продукты ее распада вследствие разрыва артериальной аневризмы сосудов головного мозга. Использование методов максимально скорого очищения субарахноидального пространства от сгустков крови имеет патогенетическое обоснование в профилактике развития дизрезорбтивной гидроцефалии [6, 9, 16, 19–22, 26, 43].

Одним из таких методов санации субарахноидального пространства от сгустков крови является интраоперационная широкая арахноидальная диссекция. Благодаря данному способу хирургу удастся не только тщательно эвакуировать сгустки крови из субарахноидального пространства, но и выполнить вентрикулоцистерностомию со вскрытием межножковой цистерны. Это создает альтернативный путь для циркуляции спинномозговой жидкости, что значительно улучшает ликвородинамику в условиях массивного САК [6, 7, 26, 35, 39, 43].

Влиянию вскрытия терминальной пластинки на улучшение функциональных исходов путем снижения частоты развития дизрезорбтивной гидроцефалии и симптомного вазоспазма посвящено множество работ. Так, W. Jiang и соавт. продемонстрировали эффективность вентрикулоцистерностомии в профилактике развития дизрезорбтивной гидроцефалии [51]. Аналогичные результаты были получены группой авторов, изучивших влияние данного метода на исходы после массивного САК вследствие разрыва артериальной аневризмы сосудов головного мозга [52, 53].

Однако M. Акуз и соавт., сравнивая частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии между группами пациентов, которым проводили изолированное вскрытие терминальной пластинки, и пациентов, которым выполняли комбинированную вентрикулоцистерностомию со вскрытием межножковой цистерны, не выявили статистически значимых различий. Авторы отмечают, что оба метода одинаково эффективны в профилактике развития отсроченных осложнений и улучшении функциональных исходов [54].

Также стоит отметить, что обширная арахноидальная диссекция имеет ряд ограничений, включающих невозможность вскрытия и санации

контралатеральных цистерн головного мозга, риски повреждения функционально важных перфорирующих артерий [26, 43].

Другим известным методом удаления сгустков крови из субарахноидального пространства является ее выведение с помощью дренирования спинномозговой жидкости. Наиболее часто используемые способы дренирования ликвора — поясничное, цистернальное и вентрикулярное.

Поясничное дренирование — наиболее часто используемый метод санации базальных цистерн головного мозга при САК. Эффективности данного способа дренирования посвящено множество работ.

Так, Н. Kasuya и соавт. сообщают о повышении частоты развития гидроцефалии на фоне дренирования цереброспинальной жидкости (ЦСЖ). Авторами был проведен анализ исходов лечения 109 пациентов с аневризматическим САК, которым проводили дренирование ЦСЖ (поясничное, вентрикулярное, цистернальное или в комбинации) [55].

Р. Klimo и соавт. не выявили различий в частоте возникновения дизрезорбтивной гидроцефалии в группе пациентов, которым проводили люмбальное дренирование, и в контрольной группе. Однако исследователи указывают на снижение частоты развития симптомного спазма в группе поясничного дренирования [56].

S. Park и соавт. изучали влияние поясничного дренирования на частоту развития церебрального ангиоспазма. Они выявили положительное влияние данного способа санации субарахноидального пространства в профилактике развития вазоспазма. Однако исследователями не было получено достоверных данных о снижении частоты развития дизрезорбтивной гидроцефалии на фоне поясничного дренирования. Кроме того, важно отметить, что в указанной работе авторы не включили в анализ пациентов, которым проведение люмбального дренирования было противопоказано (наличие аксиальной дислокации), что чаще всего выявляется при массивном САК (>15 баллов по шкале Hijdra), имеющем высокие риски развития дизрезорбтивной гидроцефалии в отдаленном периоде кровоизлияния [7, 57, 58].

Однако в недавнем крупном метаанализе авторы провели систематический анализ литературы касательно влияния поясничного дренирования на функциональные исходы после аневризматического САК. Исследователи указывают на значительное снижение смертности, частоты развития клинического вазоспазма и ишемии головного мозга в группе дренирования. О влиянии метода на частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии авторы не сообщают [59]. Однако, учитывая вышесказанное, при снижении рисков развития церебрального ангиоспазма возможно опосредованное снижение рисков частоты дизрезорбтивной гидроцефалии.

В отечественной литературе имеются данные о неэффективности изолированного поясничного дренирования у пациентов с выраженным базальным САК (>15 баллов по шкале Hijdra) по причине частого развития у данных больных аксиальной дислокации, при которой, естественно, абсолютно противопоказано проведение люмбального дренирования [58].

Таким образом, поясничное дренирование можно использовать как один из методов профилактики развития дизрезорбтивной гидроцефалии, однако с учетом наличия возможных ограничений (аксиальная дислокация) целесообразнее применять данный метод в комбинации.

Так, в целях санации и дренирования субарахноидального пространства можно использовать цистернальное дренирование. Преимуществами данного способа являются возможность установки дренажа непосредственно в область цистерн основания головного мозга, заполненных сгустками крови, а также его безопасное использование даже в условиях наличия признаков аксиальной дислокации вследствие расположения катетера выше намета мозжечка [26, 58].

Эффективность данного метода была изучена в ряде работ. Так, М. Garvaуо и соавт. продемонстрировали крайне высокую эффективность сочетания вентрикулоцистерностомии с цистернальным дренированием у пациентов с массивным аневризматическим САК. Авторы выявили прогностически значимое снижение частоты развития дизрезорбтивной гидроцефалии у больных данной группы [60].

Однако следует подчеркнуть немаловажный факт, что длительность и объем дренированной ЦСЖ также влияют на частоту развития гидроцефалии в отдаленном периоде аневризматического САК. Так, К. Ogura и соавт. продемонстрировали, что длительно установленный дренаж (в данном исследовании среднее время дренирования 12,4 сут) и значительный объем дренированного ликвора (более 3000 мл) приводят к повышению частоты ликворшунтирующих операций [61].

Аналогичные результаты были получены другим коллективом авторов, изучивших данные 76 пациентов с массивным аневризматическим САК (III степень по шкале Fisher). Авторы подтверждают наличие связи длительности и объема дренированной ЦСЖ с частотой развития хронической гидроцефалии в отдаленном периоде аневризматического САК [62].

Однако во многих работах нет точного указания среднесуточного объема ЦСЖ, которое следует дренировать. В большинстве опубликованных работ среднесуточный клинически эффективный объем дренирования составил 150–250 мл [60–63].

Также имеются данные о низкой эффективности цистернального дренирования в группах пациентов с незначительной степенью аневризматического САК (I и II степени по шкале Fisher) и даже о парадоксальном

повышении частоты развития дизрезорбтивной гидроцефалии [64, 65].

Наружное вентрикулярное дренирование также является одним из методов санации, в дополнение способ позволяет мониторировать внутричерепное давление и используется для лечения окклюзионной гидроцефалии при выраженном внутрижелудочковом кровоизлиянии [6, 15, 66, 67].

Однако эффективность данного метода в профилактике развития дизрезорбтивной гидроцефалии остается противоречивой. Так, X. Xu и соавт. продемонстрировали, что установка наружного вентрикулярного дренажа является дополнительным независимым фактором риска, повышающим частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии у пациентов с аневризматическим САК [68]. Стоит отметить, что в данной работе исследователи изучали группу пациентов с низкой степенью (<III) кровоизлияния по шкале Fisher.

В метаанализе L. Chen и соавт. сделан вывод о том, что у пациентов независимо от степени кровоизлияния, которым проводилось наружное вентрикулярное дренирование, чаще развивалась дизрезорбтивная гидроцефалия [40].

Вышеуказанные методы санации базальных цистерн могут быть дополнены интратекальным введением фибринолитических средств как способом скорейшей и окончательной санации крови из базальных цистерн. Так, в метаанализе X. Lu и соавт., в который вошли 1373 пациента, продемонстрирована эффективность интратекального фибринолиза (препаратами выбора в данном случае служили тканевой активатор плазминогена и урокиназа). Авторы выявили снижение частоты развития дизрезорбтивной гидроцефалии у пациентов с массивным САК и значительное улучшение функциональных исходов [69].

Группа других авторов показала положительное влияние раннего интратекального фибринолиза урокиназой у пациентов с массивным аневризматическим САК в профилактике развития ранней церебральной ишемии [70]. Как известно, ранняя церебральная ишемия, выявляемая по данным КТ, является одним из важных предикторов развития в будущем дизрезорбтивной гидроцефалии [47].

А. Н. Kramer и соавт. в крупном метаанализе продемонстрировали влияние интратекального фибринолиза на функциональные исходы у пациентов с массивным САК, а также значительное снижение частоты дизрезорбтивной гидроцефалии в отдаленном периоде.

Параллельно с данными результатами авторы сообщили об отсутствии геморрагических и инфекционных осложнений на фоне тромболитической терапии [71].

Эффективность интратекального введения рекомбинантного тканевого активатора плазминогена была продемонстрирована T. Yamamoto и соавт. Авторы указывают на значительное снижение симптомного вазоспазма и удовлетворительные функциональные исходы [72].

Имеются также данные о неэффективности применения фибринолитиков. Так, J. Findlay и соавт. не получили достоверных результатов улучшения функциональных исходов у пациентов с аневризматическим САК, однако в данной работе отмечено снижение выраженности сосудистого спазма по данным церебральной ангиографии [73].

Ряд других авторов в работах, посвященных изучению влияния интратекального использования фибринолитиков, сообщают о развитии осложнений, таких как внутричерепные кровоизлияния, воспалительные осложнения [74–76].

Стоит отметить, что применение данного метода требует дальнейшего изучения для определения типа фибринолитика, дозировки, а также частоты и кратности его применения.

Имеются данные об эффективности и безопасности методики интратекального фибринолиза с использованием рекомбинантной неиммуногенной стафилокиназы для санации и растворения сгустков крови в базальных цистернах головного мозга у пациентов с массивным аневризматическим САК. Авторы указывают на значительное снижение частоты развития симптомного ангиоспазма, а также на более благоприятные функциональные исходы у пациентов в группе интратекального фибринолиза [26, 43].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, максимально быстрая санация субарахноидального пространства от сгустков крови и компонентов ее деградации благодаря комбинированному использованию рекомбинантной неиммуногенной стафилокиназы и дренирования ЦСЖ снижает частоту развития дизрезорбтивной гидроцефалии и вторичной ишемии головного мозга при САК вследствие разрыва артериальной аневризмы. Однако единого унифицированного протокола санации базальных цистерн в настоящий момент не разработано, что может являться темой дальнейших исследований.

## Литература | References

- Lawton M.T., Vates G.E. Subarachnoid hemorrhage. *N Engl J Med* 2017;377(3):257–66. DOI: 10.1056/NEJMc1605827
- Macdonald R.L., Schweizer T.A. Spontaneous subarachnoid haemorrhage. *Lancet* 2017;389(10069):655–66. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30668-7
- Nieuwkamp D.J., Setz L.E., Algra A. et al. Changes in case fatality of aneurysmal subarachnoid haemorrhage over time, according to age, sex, and region: a meta-analysis. *Lancet Neurol* 2009;8(7):635–42. DOI: 10.1016/S1474-4422(09)70126-7
- Huang J., Van Gelder J.M. The probability of sudden death from rupture of intracranial aneurysms: a meta-analysis. *Neurosurgery* 2002;51(5):1101–05. DOI: 10.1097/00006123-200211000-00001
- Lindbohm J.V., Kaprio J., Jousilahti P. et al. Risk factors of sudden death from subarachnoid hemorrhage. *Stroke* 2017;48(9):2399–404. DOI: 10.1161/STROKEAHA.117.018118
- Хирургия аневризм головного мозга при массивном субарахноидальном кровоизлиянии. Под ред. В.В. Крылова, В.Г. Дашьяна. М.: АБВ-пресс, 2021. 308 с. Surgery of cerebral aneurysms in massive subarachnoid hemorrhage. Eds.: V.V. Krylov, V.G. Dashyan. Moscow: ABV-press, 2021. 308 p. (In Russ.).
- Крылов В.В., Дашьян В.Г., Винокуров А.Г. и др. Микрохирургия аневризм сосудов головного мозга. М.: АБВ-пресс, 2022. 856 с. Krylov V.V., Dashyan V.G., Vinokurov A.G. et al. Microsurgery of cerebral aneurysms. Moscow: ABV-press, 2022. 856 p. (In Russ.).
- Nguyen T.A., Vu L.D., Mai T.D. et al. Predictive validity of the prognosis on admission aneurysmal subarachnoid haemorrhage scale for the outcome of patients with aneurysmal subarachnoid haemorrhage. *Sci Rep* 2023;13(1):6721. DOI: 10.1038/s41598-023-33798-5
- Lenski M., Biczok A., Hüge V. et al. Role of cerebrospinal fluid markers for predicting shunt-dependent hydrocephalus in patients with subarachnoid hemorrhage and external ventricular drain placement. *World Neurosurg* 2019;121:e535–42. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.09.159
- Hao X., Wei D. The risk factors of shunt-dependent hydrocephalus after subarachnoid space hemorrhage of intracranial aneurysms. *Medicine (Baltimore)* 2019;98(27):e15970. DOI: 10.1097/MD.00000000000015970
- Kim J.H., Kim J.H., Kang H.I. et al. Risk factors and preoperative risk scoring system for shunt-dependent hydrocephalus following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Korean Neurosurg Soc* 2019;62(6):643–48. DOI: 10.3340/jkns.2018.0152
- Esteban Estallo L., Casado Pellejero J., Vázquez Sufuentes S. et al. Risk factors for shunt-dependent hydrocephalus after spontaneous subarachnoid hemorrhage. *Neurocirugia (Engl Ed)* 2024;35(4):196–204. DOI: 10.1016/j.neucie.2024.03.002
- Qian C., Yu X., Chen J. et al. Effect of the drainage of cerebrospinal fluid in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(41):e5140. DOI: 10.1097/MD.00000000000005140
- Lee K.S., Chari A., Motiwala M. et al. Effectiveness of cerebrospinal fluid lumbar drainage among patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: an updated systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2024;183:246–53.e12. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.01.062
- Fang Y., Shao Y., Lu J. et al. The effectiveness of lumbar cerebrospinal fluid drainage in aneurysmal subarachnoid hemorrhage with different bleeding amounts. *Neurosurg Rev* 2020;43(2):739–77. DOI: 10.1007/s10143-019-01116-1
- Крылов В.В., Буров С.А. Хроническая гидроцефалия в отдаленном периоде разрыва аневризм головного мозга. *Нейрохирургия* 2001;(2):72–6. Krylov V.V., Burov S.A. Chronic hydrocephalus in the late period of cerebral aneurysm rupture. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2001;(2):72–6. (In Russ.).
- Крылов В.В., Буров С.А. Отдаленные результаты хирургического лечения аневризм головного мозга в остром периоде кровоизлияния. *Нейрохирургия* 2000;(4):61–6. Krylov V.V., Burov S.A. Remote results of surgical treatment of cerebral aneurysms in the acute period of hemorrhage. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2000;(4):61–6. (In Russ.).
- Rincon F., Gordon E., Starke R.M. et al. Predictors of long-term shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Clinical article. J Neurosurg* 2010;113(4):774–80. DOI: 10.3171/2010.2.JNS09376
- Kuo L.T., Huang A.P. The pathogenesis of hydrocephalus following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Int J Mol Sci* 2021;22(9):5050. DOI: 10.3390/ijms22095050
- Liu F., Yuan W., Liao D. et al. Association of chronic hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage with transforming growth factor- $\beta$ 1 levels and other risk factors. *Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao* 2013;33(3):382–5. PMID: 23529236.
- Yan H., Chen Y., Li L. et al. Decorin alleviated chronic hydrocephalus via inhibiting TGF- $\beta$ 1/Smad/CTGF pathway after subarachnoid hemorrhage in rats. *Brain Res* 2016;1630:241–53. DOI: 10.1016/j.brainres.2015.11.004
- Torvik A., Bhatia R., Murthy V.S. Transitory block of the arachnoid granulations following subarachnoid haemorrhage: a postmortem study. *Acta Neurochir (Wien)* 1978;41(1–3):137–46. DOI: 10.1007/BF01809144
- Bothwell S.W., Janigro D., Patabendige A. Cerebrospinal fluid dynamics and intracranial pressure elevation in neurological diseases. *Fluids Barriers CNS* 2019;16(1):9. DOI: 10.1186/s12987-019-0129-6
- Fujii M., Yan J., Rolland W.B. et al. Early brain injury, an evolving frontier in subarachnoid hemorrhage research. *Transl Stroke Res* 2013;4(4):432–46. DOI: 10.1007/s12975-013-0257-2
- Tso M.K., Macdonald R.L. Subarachnoid hemorrhage: a review of experimental studies on the microcirculation and the neurovascular unit. *Transl Stroke Res* 2014;5(2):174–89. DOI: 10.1007/s12975-014-0323-4
- Природов А.В., Титова Г.П., Дыдыкин С.С. и др. Профилактика церебрального сосудистого спазма при субарахноидальном кровоизлиянии в эксперименте у крыс с использованием фибринолитических препаратов. *Нейрохирургия* 2016;(4):63–72. DOI: 10.63769/1683-3295-2016-0-4-63-72
- Priodov A.V., Titova G.P., Dydykin S.S. et al. The prophylaxis of cerebral angiospasm developing because of subarachnoid hemorrhage in experiments at rats using fibrinolytic drugs. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2016;(4):63–72. (In Russ.). DOI: 10.63769/1683-3295-2016-0-4-63-72
- Diesing D., Wolf S., Sommerfeld J. et al. A novel score to predict shunt dependency after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 2018;128(5):1273–9. DOI: 10.3171/2016.12.JNS162400
- Woernle C.M., Winkler K.M., Burkhardt J.K. et al. Hydrocephalus in 389 patients with aneurysm-associated subarachnoid hemorrhage. *J Clin Neurosci* 2013;20(6):824–6. DOI: 10.1016/j.jocn.2012.07.015
- Tso M.K., Ibrahim G.M., Macdonald R.L. Predictors of shunt-dependent hydrocephalus following aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurg* 2016;86:226–32. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.09.056
- Zaidi H.A., Montoure A., Elhadi A. et al. Long-term functional outcomes and predictors of shunt-dependent hydrocephalus after treatment of ruptured intracranial aneurysms in the BRAT trial: revisiting the clip vs coil debate. *Neurosurgery* 2015;76(5):608–13. DOI: 10.1227/NEU.0000000000000677
- Yu H., Zhan R., Wen L. et al. The relationship between risk factors and prognostic factors in patients with shunt-dependent

- hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Craniofac Surg* 2014;25(3):902–6. DOI: 10.1097/SCS.0000000000000561
32. Erixon H.O., Sorteberg A., Sorteberg W., Eide P.K. Predictors of shunt dependency after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: results of a single-center clinical trial. *Acta Neurochir (Wien)* 2014;156(11):2059–69. DOI: 10.1007/s00701-014-2200-z
  33. Bae I.S., Yi H.J., Choi K.S., Chun H.J. Comparison of incidence and risk factors for shunt-dependent hydrocephalus in aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg* 2014;16(2):78–84. DOI: 10.7461/jcen.2014.16.2.78
  34. Xie Z., Hu X., Zan X. et al. Predictors of shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage? A systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2017;106:844–60.e6. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.119
  35. Wilson C.D., Safavi-Abbasi S., Sun H. et al. Meta-analysis and systematic review of risk factors for shunt dependency after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 2017;126(2):586–95. DOI: 10.3171/2015.11.JNS152094
  36. Fisher C.M., Kistler J.P., Davis J.M. Relation of cerebral vasospasm to subarachnoid hemorrhage visualized by computerized tomographic scanning. *Neurosurgery* 1980;6(1):1–9. DOI: 10.1227/00006123-198001000-00001
  37. Dehdashti A.R., Rilliet B., Rufenacht D.A. et al. Shunt-dependent hydrocephalus after rupture of intracranial aneurysms: a prospective study of the influence of treatment modality. *J Neurosurg* 2004;101(3):402–7. DOI: 10.3171/jns.2004.101.3.0402
  38. Dorai Z., Hynan L.S., Kopitnik T.A., Samson D. Factors related to hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 2003;52(4):763–9. DOI: 10.1227/01.neu.0000053222.74852.2d
  39. Gruber A., Reinprecht A., Baviniski G. et al. Chronic shunt-dependent hydrocephalus after early surgical and early endovascular treatment of ruptured intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 1999;44(3):503–9. DOI: 10.1097/00006123-199903000-00039
  40. Chen L., Meng Y., Xue Q. et al. Risk factors of shunt-dependent hydrocephalus after subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis based on observational cohort studies. *Neurosurg Rev* 2024;47(1):421. DOI: 10.1007/s10143-024-02589-5
  41. Hunt W.E., Hess R.M. Surgical risk as related to time of intervention in the repair of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 1968;28(1):14–20. DOI: 10.3171/jns.1968.28.1.0014
  42. De Oliveira J.G., Beck J., Setzer M. et al. Risk of shunt-dependent hydrocephalus after occlusion of ruptured intracranial aneurysms by surgical clipping or endovascular coiling: a single-institution series and meta-analysis. *Neurosurgery* 2007;61(5):924–33. DOI: 10.1227/01.neu.0000303188.72425.24
  43. Природов А.В., Титова Г.П., Дыдыкин С.С. и др. Моделирование церебрального сосудистого спазма при нетравматическом субарахноидальном кровоизлиянии у крыс. *Нейрохирургия* 2015;(1):46–54. DOI: 10.63769/1683-3295-2015-0-1-46-54  
Prirodov A.V., Titova G.P., Dydykin S.S. et al. The modelling of cerebral angiospasm because of non-traumatic subarachnoid hemorrhage using rat model. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2015;(1):46–54. (In Russ.). DOI: 10.63769/1683-3295-2015-0-1-46-54
  44. Dengler N.F., Diesing D., Sarrafzadeh A. et al. The Barrow Neurological Institute Scale revisited: predictive capabilities for cerebral infarction and clinical outcome in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 2017;81(2):341–9. DOI: 10.1093/neuros/nyw141
  45. Wilson D.A., Nakaji P., Abla A.A. et al. A simple and quantitative method to predict symptomatic vasospasm after subarachnoid hemorrhage based on computed tomography: beyond the Fisher scale. *Neurosurgery* 2012;71(4):869–975. DOI: 10.1227/NEU.0b013e318267360f
  46. Di Russo P., Di Carlo D.T., Lutenberg A. et al. Shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg Sci* 2020;64(2):181–9. DOI: 10.23736/S0390-5616.19.04641-1
  47. Jabbarli R., Bohrer A.M., Pierscianek D. et al. The CHES score: a simple tool for early prediction of shunt dependency after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Eur J Neurol* 2016;23(5):912–8. DOI: 10.1111/ene.12962
  48. Park Y.K., Yi H.J., Choi K.S. et al. Predicting factors for shunt-dependent hydrocephalus in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)* 2018;160(7):1407–13. DOI: 10.1007/s00701-018-3560-6
  49. Lackner P., Vahmjanin A., Hu Q. et al. Chronic hydrocephalus after experimental subarachnoid hemorrhage. *PLoS One* 2013;8(7):e69571. DOI: 10.1371/journal.pone.0069571
  50. Germanwala A.V., Huang J., Tamargo R.J. Hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurg Clin N Am* 2010;21(2):263–70. DOI: 10.1016/j.neec.2009.10.013
  51. Jiang W., You L., Hu D. Effect of combined fenestration of lamina terminalis and Lilliequist membrane during surgical clipping on the incidence of chronic hydrocephalus in patients with anterior circulation ruptured aneurysms. *Clin Neurol Neurosurg* 2023;224:107575. DOI: 10.1016/j.clineuro.2022.107575
  52. Tomasello F., d'Avella D., de Divoitiis O. Does lamina terminalis fenestration reduce the incidence of chronic hydrocephalus after subarachnoid hemorrhage? *Neurosurgery* 1999;45(4):827–31. DOI: 10.1097/00006123-199910000-00018
  53. Sindou M. Favourable influence of opening the lamina terminalis and Lilliequist's membrane on the outcome of ruptured intracranial aneurysms. A study of 197 consecutive cases. *Acta Neurochir (Wien)* 1994;127(1–2):15–6. DOI: 10.1007/BF01808539
  54. Akyuz M., Tuncer R. The effects of fenestration of the interpeduncular cistern membrane aroused to the opening of lamina terminalis in patients with ruptured ACoA aneurysms: a prospective, comparative study. *Acta Neurochir (Wien)* 2006;148(7):725–3. DOI: 10.1007/s00701-006-0738-0
  55. Kasuya H., Shimizu T., Kagawa M. The effect of continuous drainage of cerebrospinal fluid in patients with subarachnoid hemorrhage: a retrospective analysis of 108 patients. *Neurosurgery* 1991;28(1):56–9. DOI: 10.1097/00006123-199101000-00009
  56. Klimo P. Jr, Kestle J.R., MacDonald J.D., Schmidt R.H. Marked reduction of cerebral vasospasm with lumbar drainage of cerebrospinal fluid after subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 2004;100(2):215–24. DOI: 10.3171/jns.2004.100.2.0215
  57. Park S., Yang N., Seo E. The effectiveness of lumbar cerebrospinal fluid drainage to reduce the cerebral vasospasm after surgical clipping for aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Korean Neurosurg Soc* 2015;57(3):167–73. DOI: 10.3340/jkns.2015.57.3.167
  58. Крылов В.В., Природов А.В., Титова Г.П. и др. Методы профилактики сосудистого спазма и отсроченной ишемии головного мозга у пациентов с массивным субарахноидальным кровоизлиянием вследствие разрыва аневризм сосудов головного мозга. *Нейрохирургия* 2019;21(1):12–26. DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-1-12-26  
Krylov V.V., Prirodov A.V., Titova G.P. et al. Prevention of cerebral vasospasm and delayed cerebral ischemia in patients with massive aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2019;21(1):12–26. (In Russ.). DOI: 10.17650/1683-3295-2019-21-1-12-26
  59. Hulou M.M., Essibayi M.A., Benet A., Lawton M.T. Lumbar drainage after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg* 2022;166:261–7.e9. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.07.061
  60. Garvayo M., Messerer M., Staronni D. et al. The positive impact of cisternostomy with cisternal drainage on delayed hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)* 2023;165(1):187–95. DOI: 10.1007/s00701-022-05445-x

61. Ogura K., Hara M., Tosaki F., Hirai N. Effect of cisternal drainage after early operation for ruptured intracranial aneurysms. *Surg Neurol* 1988;30(6):441–4. DOI: 10.1016/0090-3019(88)90028-6
62. Ohwaki K., Yano E., Nakagomi T., Tamura A. Relationship between shunt-dependent hydrocephalus after subarachnoid haemorrhage and duration of cerebrospinal fluid drainage. *Br J Neurosurg* 2004;18(2):130–4. DOI: 10.1080/02688690410001680975
63. Ito U., Tomita H., Yamazaki S. et al. Enhanced cisternal drainage and cerebral vasospasm in early aneurysm surgery. *Acta Neurochir (Wien)* 1986;80(1–2):18–23. DOI: 10.1007/BF01809552
64. Otawara Y., Ogasawara K., Kubo Y. et al. Effect of continuous cisternal cerebrospinal fluid drainage for patients with thin subarachnoid hemorrhage. *Vasc Health Risk Manag* 2007;3(4):401–4. PMID: 17969369.
65. Yamamoto I., Shimoda M., Yamada S. et al. Indications for cisternal drainage in conjunction with early surgery for ruptured aneurysms and timing of its discontinuation. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 1989;29(5):407–13. DOI: 10.2176/nmc.29.407
66. Sakaki S., Ohta S., Kuwabara H., Shiraishi M. The role of ventricular and cisternal drainage in the early operation for ruptured intracranial aneurysms. *Acta Neurochir* 1987;88(3):87–94. DOI: 10.1007/BF01404143
67. Sun C., Du H., Yin L. et al. Choice for the removal of bloody cerebrospinal fluid in postcoiling aneurysmal subarachnoid hemorrhage: external ventricular drainage or lumbar drainage? *Turk Neurosurg* 2014;24(5):737–44. DOI: 10.5137/1019-5149.JTN.9837-13.2
68. Xu X., Yang H., Wang X. et al. Effect of external ventricular drainage on shunt-dependent hydrocephalus and prognosis after microsurgical clipping in patients with poor-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurg* 2024;191:e594–606. DOI: 10.1016/j.wneu.2024.09.004
69. Lu X., Ji C., Wu J. et al. Intrathecal fibrinolysis for aneurysmal subarachnoid hemorrhage: evidence from randomized controlled trials and cohort studies. *Front Neurol* 2019;10:885. DOI: 10.3389/fneur.2019.00885
70. Roelz R., Scheive C., Grauvogel J. et al. Early cisternal fibrinolysis is more effective than rescue spasmolysis for the prevention of delayed infarction after subarachnoid haemorrhage. *Stroke Vasc Neurol* 2022;7(2):108–13. DOI: 10.1136/svn-2021-001146
71. Kramer A.H., Fletcher J.J. Locally-administered intrathecal thrombolytics following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a systematic review and meta-analysis. *Neurocrit Care* 2011;14(3):489–99. DOI: 10.1007/s12028-010-9429-z
72. Yamamoto T., Esaki T., Nakao Y., Mori K. Efficacy of low-dose tissue-plasminogen activator intracisternal administration for the prevention of cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *World Neurosurg* 2010;73(6):675–82. DOI: 10.1016/j.wneu.2010.04.002
73. Findlay J.M., Kassel N.F., Weir B.K. et al. A randomized trial of intraoperative, intracisternal tissue plasminogen activator for the prevention of vasospasm. *Neurosurgery* 1995;37(1):168–76. PMID: 8587685.
74. Kawamoto S., Tsutsumi K., Yoshikawa G. et al. Effectiveness of the head-shaking method combined with cisternal irrigation with urokinase in preventing cerebral vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg* 2004;100(2):236–43. DOI: 10.3171/jns.2004.100.2.0236
75. Kinouchi H., Ogasawara K., Shimizu H. et al. Prevention of symptomatic vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage by intraoperative cisternal fibrinolysis using tissue-type plasminogen activator combined with continuous cisternal drainage. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2004;44(11):569–75. DOI: 10.2176/nmc.44.569
76. Sasaki T., Kodama N., Kawakami M. et al. Urokinase cisternal irrigation therapy for prevention of symptomatic vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a study of urokinase concentration and the fibrinolytic system. *Stroke* 2000;31(6):1256–62. DOI: 10.1161/01.str.31.6.1256

#### Вклад авторов | Authors' contributions

О.Г. Симонян: сбор и анализ литературы, написание текста статьи;  
А.В. Природов: разработка концепции и дизайна исследования, научное редактирование статьи, финальное утверждение текста статьи;  
Е.Ю. Бахареv, А.А. Гринь: научное редактирование статьи.  
O.G. Simonyan: collection and analysis of literature, article writing;  
A.V. Prirodov: development of the concept and design of the study, article scientific editing, final approval of the text of the article;  
E.Yu. Bakharev, A.A. Grin: article scientific editing.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

О.Г. Симонян / O.G. Simonyan: <https://orcid.org/0009-0005-8617-2448>  
А.В. Природов / A.V. Prirodov: <https://orcid.org/0000-0003-2444-8136>  
Е.Ю. Бахареv / E.Yu. Bakharev: <https://orcid.org/0000-0003-1525-1585>  
А.А. Гринь / A.A. Grin: <https://orcid.org/0000-0003-3515-8329>

#### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

#### Финансирование | Funding

Работа проведена при поддержке гранта автономной некоммерческой организации (соглашение № 1603-32/23с).  
The work was carried out with the support of a grant from an autonomous non-profit organization (agreement No. 1603-32/23с).

Статья поступила | Article submitted: 04.08.2025.  
Рецензия | Peer reviewed: 02.09.2025.  
Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-113-121>

# Материалы на основе шелка паутины для регенеративной медицины

**Контакты:**Светлана Викторовна  
Пятницкая  
[pyatnickaya27@mail.ru](mailto:pyatnickaya27@mail.ru)С.В. Пятницкая<sup>1</sup>, Ш.М. Сафин<sup>1</sup>, Р.А. Заманова<sup>1</sup>, А.И. Файрушина<sup>1</sup>, Д.З. Махьянов<sup>1</sup>,  
Н.И. Абдуллина<sup>1</sup>, Г.Р. Киреева<sup>1</sup>, И.Ф. Фасхутдинов<sup>1</sup>, В.А. Смирнов<sup>2</sup>, В.В. Крылов<sup>2-4</sup>, В.Н. Павлов<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России; Россия, 450008 Уфа, ул. Ленина, 3;<sup>2</sup>ГБУЗ г. Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения г. Москвы»; Россия, 129090 Москва, Большая Сухаревская пл., 3;<sup>3</sup>ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук»; Россия, 125367 Москва, Волоколамское шоссе, 80;<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; Россия, 117513 Москва, ул. Островитянова, 1

Шелк паутины представляет собой необычайно прочный, гибкий, биосовместимый природный биоматериал, который становится привлекательным для проведения научных исследований с возможностью трансляции в клиническую практику. Самки пауков-кругопрядов рода *Nephila clavipes* производят до 7 типов шелка, используя различные шелковые железы и прядильные органы, расположенные на заднем конце брюшка паука. Основными белками являются спидроины главной ампулы MaSp1 и MaSp2, которые могут быть использованы для создания рекомбинантной паутины в связи с ограничением сбора паутины в естественных условиях. В обзоре освещаются исследования, изучающие применение материалов на основе паучьего шелка в области тканевой инженерии *in vitro*. В частности, суммируются данные по применению двухмерных и трехмерных моделей и каркасов для тканевой инженерии с возможностью использования современных технологий, таких как биопечать.

**Ключевые слова:** *Nephila clavipes*, шелк паутины, спидроины, регенерация периферических нервов, тканевая инженерия

**Для цитирования:** Пятницкая С.В., Сафин Ш.М., Заманова Р.А. и др. Материалы на основе шелка паутины для регенеративной медицины. Нейрохирургия 2026;28(2):113–21.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-113-121>

## Materials based on spider silk for regenerative medicine

S.V. Piatnitskaia<sup>1</sup>, Sh.M. Safin<sup>1</sup>, R.A. Zamanova<sup>1</sup>, A.I. Fairushina<sup>1</sup>, D.Z. Makhyanov<sup>1</sup>, N.I. Abdullina<sup>1</sup>, G.R. Kireeva<sup>1</sup>, I.F. Faskhutdinov<sup>1</sup>,  
V.A. Smirnov<sup>2</sup>, V.V. Krylov<sup>2-4</sup>, V.N. Pavlov<sup>1</sup><sup>1</sup>Bashkir State Medical University, Ministry of Health of Russia; 3 Lenina St., Ufa 450008, Russia;<sup>2</sup>Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, Moscow Healthcare Department; 3 Bolshaya Sukharevskaya Ploshchad, Moscow 129090, Russia;<sup>3</sup>Russian Center of Neurology and Neuroscience; 80 Volokolamskoye Shosse, Moscow 125367, Russia;<sup>4</sup>N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Ministry of Health of Russia; 1 Ostrovityanova St., Moscow 117513, Russia

**Contacts:** Svetlana Viktorovna Piatnitskaia [pyatnickaya27@mail.ru](mailto:pyatnickaya27@mail.ru)

Spider silk is an unusually strong, flexible, biocompatible natural biomaterial that is becoming attractive for scientific research with the possibility of translation into clinical practice. Female orb-weaving spiders of the genus *Nephila clavipes* produce up to seven different types of silk, using various silk glands and spinning organs located at the posterior end of the spider's abdomen. The main proteins are the main ampulla spidroins MaSp1 and MaSp2, which can be used to create recombinant spider silk due to the limitation of web collection *in vivo*. The review highlights studies dedicated to the use of spider silk-based materials in the field of tissue engineering *in vitro*. In particular, data on the use of two-dimensional and three-dimensional models and scaffolds for tissue engineering with the possibility of using modern technologies such as bioprinting are summarized.

**Keywords:** *Nephila clavipes*, spider silk, spidroins, peripheral nerve regeneration, tissue engineering

For citation: Piatnitskaia S.V., Safin Sh.M., Zamanova R.A. et al. Materials based on spider silk for regenerative medicine. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2026;28(2):113–21.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-113-121>

## ВВЕДЕНИЕ

Создание и применение биосовместимых материалов на основе натуральных компонентов в настоящее время являются приоритетным направлением для регенеративной медицины и тканевой инженерии. Природные материалы обладают уникальной комбинацией биологических и физических свойств, обеспечивающих необходимую адгезию и пролиферацию клеток, минимальный иммунологический ответ, механическую прочность. Биомиметические подходы стали ключевой стратегией для тканевой инженерии, воодушевленной комплексными принципами природы.

Биомиметика представляет собой имитацию природных структур для создания технологических, промышленных процессов/объектов [1]. Термин «биомиметика» был предложен в 1950 г. Отто Шмитом. Так, в природе встречаются композитные структуры, которые демонстрируют высокую прочность, например раковина моллюсков, состоящая из гидроксипатита, который самостоятельно или в составе композитных материалов широко применяется в травматологии, ортопедии, стоматологии. Хитозан, представляющий собой полисахарид, получаемый путем щелочного N-деацетилирования хитина, находит применение для восстановления хрящевой ткани, ранозаживляющих повязок [2–5].

Шелк паутины представляет собой уникальный природный материал, применение которого упоминается древними греками в качестве ранозаживляющего и гемостатического средства. Материалы на основе шелка паутины в последнее время становятся привлекательными как для проведения фундаментальных исследований, так и для создания эффективных терапевтических средств для регенеративной медицины. Многообещающим направлением для использования шелка паутины является регенерация периферических нервов. Одна из стратегий регенерации нервного волокна – применение поддерживающего матрикса в качестве проводника для нервов [6]. Ряд работ продемонстрировали, что конструкции из паутинового шелка в качестве искусственного нервного проводника способствовали стимуляции роста шванновских клеток и регенерации седалищных нервов у крыс [7, 8]. Однако ограничение получения натурального шелка паутины в связи с недостаточной продукцией привело к развитию технологий по созданию рекомбинантной паутины с применением генной инженерии, что расширяет возможности ее использования.

В данном обзоре мы рассмотрели основные типы материалов для создания каркасов на основе шелка

паутины и их применение в регенеративной медицине и тканевой инженерии.

## СТРУКТУРА ШЕЛКА ПАУТИНЫ

У пауков имеется до 7 комплектов шелковых желез, синтезирующих соответствующий каждой железе тип шелка. Все типы паучьего шелка состоят из спидроинов, белков паучьего шелка с длиной до 6000 аминокислотных остатков и молекулярной массой от 70 до 700 кДа. Спидроины обладают протяженной центральной повторяющейся областью, ограниченной глобулярными N- и C-концевыми доменами (NT и CT). Повторяющаяся область белков спидроинов отвечает за механические свойства шелкового волокна, образуя нанокристаллы  $\beta$ -слоя и аморфные структуры, терминальные домены играют ключевую роль в процессе образования шелка, представляя собой мономеры и димеры в зависимости от условий в шелковой железе [9–11].

Разнообразные виды паучьего шелка служат различным целям благодаря своим уникальным свойствам. Драглаиновый шелк, или большой ампулярный шелк (MaSp), и малый ампулярный шелк (MiSp) обладают высокой прочностью, используются для создания каркаса сети и радиальных нитей, а также внутренней спирали соответственно. Жгутиковый шелк (Flag) является эластичным, используется для строительства паутины, формируя ее округлую форму, которая покрывается липким слоем агрегатного шелка (AgSp) для захвата насекомых. Трубочатый шелк (TuSp) применяется для изготовления яйцевых оболочек. Ациниформный шелк (AcSp) используется для окутывания добычи и защиты яйцевых мешков. Грушевидный шелк (PySp) используется для прикрепления паутины к поверхностям [12, 13].

Большой ампулярный шелк, самый изученный тип паучьего шелка, синтезируется большой ампулярной железой. Конформация больших ампулярных спидроинов в железе все еще изучается, большинство исследований указывают на общую спиральную и/или случайную спиральную конформацию, а также на наличие мицелл или хлопьевидных структур [14]. Большой ампулярный шелк состоит из основных компонентов, называемых спидроинами большого ампулярного шелка (major ampullate spidroins, MaSps). MaSps были классифицированы на 5 типов (MaSp1 – MaSp5) на основе их повторяющихся областей, богатых глицином и аланином, и терминальных доменов. MaSp1 обычно содержит блоки поли-Ala, чередующиеся с богатыми глицином повторами. MaSp2, напротив, богат пролином

и глутамином, с мотивами Gly-Pro-Gly и Gln-Gln, отсутствующими в MaSp1. Каждый тип MaSps обладает уникальным набором структурных особенностей, отражающихся в его функциональных свойствах [15–18].

#### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЕЛКА ПАУТИНЫ

Шелк паутины представляет собой природный биоматериал, обладающий выдающимися физическими, химическими и биологическими свойствами, которые делают его объектом пристального изучения в медицине. Паучий шелк характеризуется высокой прочностью, превышающей таковую шелка тутового шелкопряда. Паучий шелк обладает большей прочностью на разрыв и растяжимостью по сравнению с шелком тутового шелкопряда, а также он превосходит большинство искусственных волокон, таких как нейлон 66, кевлар и углеродные волокна [19]. Высокая прочность шелка паука, особенно драглайна, обусловлена его уникальным строением [20]. Так, прочность шелка драглайна паука *Caerostris darwini* достигает 1652 МПа [21].

Молекулярная структура паутины представляет собой повторяющиеся аминокислотные последовательности. Повторяющиеся аминокислотные участки могут наслаиваться друг на друга, образуя  $\beta$ -кристаллы [22]. Во время экструзии и растяжения при прядении  $\beta$ -кристаллы выстраиваются вдоль оси волокна и функционируют как узлы, что значительно повышает прочность волокна. Связи между внутримолекулярными  $\beta$ -листами в  $\beta$ -кристаллах имеют сильную корреляцию с их механическими свойствами, что в свою очередь способствует выдающимся характеристикам паучьего шелка [23]. Различия в размере, соотношении аморфной и кристаллической частей также оказывают значительное влияние на механические свойства [23]. Кристаллическая часть тутового шелкопряда составляет 40 %, что выше, чем у паучьего шелка, у которого этот показатель равен 22 %. Размер кристаллов в паучьем шелке меньше, чем в шелке тутового шелкопряда. Содержание внутримолекулярных  $\beta$ -листов в паучьем шелке достигает 29 %, в то время как у тутового шелкопряда этот показатель составляет лишь 9 % [24]. При растяжении  $\beta$ -листы разворачиваются, эффективно рассеивая механическую энергию. Это свойство особенно важно в условиях динамических нагрузок. Другим параметром, влияющим на прочность паутины, является скорость прядения. Следствие неравномерной скорости прядения – ее неоднородные механические свойства, поскольку при повышении скорости увеличивается прочность согласно модулю Юнга [25]. Как уже отмечалось ранее, соотношение кристаллической и аморфной фаз влияет на механические свойства шелка. В структуре MaSp2, наряду с глицином и аланином, которые являются наиболее распространенными аминокислотами, также обнаружены повторяющиеся последовательности, содержа-

щие пролин [26]. Именно этот тип спидроина придает паутине ее эластичность, в то время как кристаллические  $\beta$ -листы MaSp1 придают высокую прочность [27]. Комбинация разных типов спидроина обусловлена экологическими факторами.

Физическая характеристика шелка обусловлена не только ее белковой архитектурой, но и наличием химических связей. Отмечается, что водородные связи способствуют эффекту «сверхсжатия», при котором паутина укорачивается, а также увеличивается ее эластичность [28]. При растяжении паутина проходит несколько этапов деформации. На этапе, когда разрываются водородные связи в кристаллах  $\beta$ -слоя, а аморфная часть полностью растянута, паутина имеет наибольшую прочность на разрыв [29].

#### БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЕЛКА ПАУТИНЫ

Паутина вызывает большой интерес исследователей не только из-за своих механических свойств, но и вследствие большого потенциала применения в медицине. Подходящие по своим физическим характеристикам материалы оказываются непригодны для использования в медицине из-за отсутствия биосовместимости [30]. Например, свойства полимеров, такие как механическая прочность и биосовместимость, могут изменяться при взаимодействии с тканями и жидкостями организма или в процессе разложения, что может привести к высвобождению ионов металлов [31]. Материалы, используемые в качестве имплантатов, такие как керамика или сплавы металлов, требуют модификации путем покрытия их биосовместимыми агентами, в том числе шелком паука [32]. Покрытие паутиной имплантатов продемонстрировало снижение иммунного ответа, а также уменьшение вероятности формирования фиброза. В ходе исследования прямого контакта на биосовместимость нативного шелка паука было показано, что он не вызывает гемолиза, цитотоксичности, поэтому исследователями было выдвинуто предположение, что применение паутины может быть безопасно в медицинских целях [33]. Однако для применения паутины в медицине, помимо вопроса о биосовместимости, требуется преодолеть проблему его масштабного производства.

Одним из уникальных свойств паутины является ее антибактериальный эффект [34–36]. Гипотеза о бактерицидных свойствах исходит из особенностей жизнедеятельности. Яйца пауков содержат много питательных веществ и воды, способствуя созданию идеальной среды для развития микроорганизмов, к тому же паучий шелк сам является высокобелковым субстратом, который также может стать питательной средой, в связи с чем наличие антимикробных свойств обезопасило бы потомство и самого паука [37, 38].

В последнее время ряд исследователей изучали антимикробные свойства шелка паутины, но полученные

данные носят противоречивый характер. I. U. Наг и соавт. исследовали антибактериальную активность метаболитов шелка паутины, полученных от различных источников [39]. В качестве растворителей для приготовления экстрактов были протестированы 3 вещества (метанол, этанол и ацетон). Антибактериальный эффект оценивали методом диффузии на 7 бактериях с множественной лекарственной устойчивостью, включая 3 грамотрицательные бактерии (*Escherichia coli*, *Acinetobacter baumannii* и *Salmonella typhi*) и 4 грамположительные бактерии (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus*, *Enterococcus faecalis* и *Streptococcus pneumoniae*). Экстракты на основе шелка паутины проявили значительную активность против всех 7 бактерий, создавая четкие зоны ингибирования роста диаметром от 0,4 до 22 мм. Значительная активность была отмечена против *E. faecalis* (22 мм), *E. coli* (14 мм) и *S. typhi* (15 мм). Экстракты, приготовленные на основе растворителя ацетона, показали высокую антибактериальную активность против большинства бактерий [39].

S. Fruergaard и соавт., изучая антибактериальную активность различных типов паучьего шелка от 7 видов пауков, протестированных на 3 видах бактерий с использованием методов прямого контакта и диффузии в дисках, показали отсутствие убедительных антимикробных свойств шелка паутины. Однако авторы отметили, что исследования, посвященные антимикробным свойствам паутины, имеют методологические недостатки [40]. Незначительное подавление *Bacillus subtilis* было обнаружено другой группой исследователей [41]. Выдвинуто предположение, что бактерицидные свойства паутины могут быть связаны с ее белковой архитектурой. Это подтверждается тем фактом, что после обработки протеиназой К происходит снижение антимикробных свойств.

#### ВОЛОКНА, ПЛЕНКИ, НЕТКАНЫЕ СЕТКИ, КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ШЕЛКА ПАУТИНЫ

В области тканевой инженерии и регенеративной медицины шелк пауков используется для повышения биомеханической стабильности конструкторов благодаря своим оригинальным физико-химическим свойствам. В литературе описаны различные формы скаффолдов, разработанных на основе как рекомбинантного, так и нативного спидроина: единичные и сплетенные волокна (шовный материал), нетканые материалы, сетки, пленки, высокопористые трехмерные (3D) материалы, гидрогели. Однако считается, что рекомбинантные аналоги спидроина отличаются меньшей прочностью по сравнению с натуральным паучьим шелком [42].

Нетканые материалы представляют собой матриксы в виде ориентированных волокон, изготавливаемых методом электропрядения (электроспиннинга) [43]. В процессе прядения в электростатическом поле растворитель испаряется, а полученные волокна образуют

нетканый материал на специальном коллекторе [44]. Нетканый матрикс на основе смеси рекомбинантных спидроинов (PC) PCrS1/9 и rS2/12 был успешно применен М. М. Михайловой и соавт. для изучения роста аксонов и аорты, миграции шванновских, гладкомышечных и эндотелиальных клеток [45]. Была выявлена улучшенная адгезия всех типов клеток к PC-матрице, чем к коллагеновой матрице. Авторы также сообщают, что PC-матрицы с любым типом ориентации волокон (хаотичные и упорядоченные) способствовали росту и миграции клеток без добавления других покрытий и факторов роста.

В исследовании J. W. Kuhbier и соавт. использовали нетканый матрикс из паутины, полученной непосредственно из животного с помощью стального рамочного каркаса [46]. После стерилизации данные каркасы с волокнами паутины были засеяны фибробластами для анализа клеточной пролиферации и адгезии. В результате фибробласты оставались жизнеспособными, адгезировали к волокнам шелка паука и мигрировали вдоль волокон, тем самым показывая, что контакты не случайны. Также наблюдалась выработка экстрацеллюлярного матрикса, т.е. клетки были встроены в слой коллагена I, что является признаком метаболически активных клеток. В дальнейшем эти же авторы исследовали возможность применения микрошовного материала, сплетенного из натуральных волокон паучьего шелка, в регенерации нерва. Были изготовлены пучки волокон, содержащие 2 нити по 15 витков или 3 нити по 10 витков паутины. Изучался морфологический вид, проверялись механические свойства (прочность на разрыв, способность к деформациям), для сравнения использовали аналогичные нейлоновые нити. Авторы пришли к выводу, что данный материал может использоваться при хирургических вмешательствах по восстановлению нервов [47].

В недавнем исследовании S. Strauß и соавт. нативный паучий шелк использовался в качестве матрицы для реконструкции хрящевой ткани. В качестве каркасного материала применяли натуральные стерилизованные яйцевые коконы, внутрь которых с помощью шприца вводили культуры стромальных клеток жировой ткани крыс. Была достигнута высокая плотность заполнения и пролиферации, показана хондрогенная дифференцировка стволовых клетках на коконах шелка паука под воздействием механической силы [48].

Адгезивные свойства спидроинового сетчатого скаффолда были изучены А. Steins и соавт. в доклиническом исследовании по реконструкции мочевого пузыря. Шелк от самок пауков без какого-либо дополнительного биологического покрытия поддерживал адгезию, выживаемость и рост первичных уротелиальных клеток человека, которые дифференцировались в различные эпителиальные слои мочевого пузыря [49].

Б.Э. Малюгин и соавт. предложили описание биоинженерной конструкции искусственной роговицы на основе пленчатого матрикса из рекомбинантного спидроина [50]. Форма матрикса представляла собой контактную линзу, заселенную сфероидными из эпителиоидных и стромальных клеток. Проведенные исследования показали, что эти матриксы обладали высокой прочностью и эластичностью, хорошими адгезивными свойствами, а также были стабильны к биодegradации и нетоксичны для клеток. На поверхности матриксов происходило активное заселение клетками и сфероидными, последующие рост и миграция с формированием плотного монослоя [51].

Высокопористые 3D-матриксы обычно представляют собой дископодобные или трубчатые структуры, заполняемые клеточными элементами. Подобные губчатые структуры представляют собой двухслойную трубку: внутренний слой застилается эпителиальными клетками, внешний состоит из биоразлагаемого матрикса и стромальных клеток подслизистой основы [52].

О.И. Агапова и соавт. в исследовании по регенерации костной ткани использовали пористые диски из РС, которые сравнили с аналогичными матриксами из фиброина шелкопряда. Результаты исследования показали, что спидроиновые скаффолды демонстрируют лучшие характеристики регенерации на всех сроках послеоперационного периода. С использованием микрофотографии авторы показали, что рана, заполненная спидроиновым матриксом, регенерировала быстрее по сравнению с фиброиновым [53]. Также отмечена низкая аллергическая реакция на РС-матрикс в течение первых 2 нед после проведения операции [54]. Предполагается, что такая биологическая активность матриксов из аналогов спидроина может быть связана с их уникальной нанопористой структурой.

Добавлением органических и неорганических материалов к шелку паука можно создать композитные матриксы с улучшенными свойствами и функциональностью. И наоборот, введение в основную матрицу волокон шелка паука для ее армирования способно обеспечить дополнительную механическую поддержку. Модификация паутинного шелка неорганическими солями, например кальцитом [55, 56] и гидроксипатитом [57], перспективна для создания идеального биоматериала костных имплантатов. Такой минерализованный шелк сочетает в себе биомеханические и адгезивные свойства шелка и неэластичность минерала, обладает биосовместимостью и прочностью [58, 59].

#### ПРИМЕНЕНИЕ ШЕЛКА ПАУТИНЫ ДЛЯ 3D-БИОПЕЧАТИ

3D-биопечать является быстро развивающейся технологией, которая позволяет достичь сочетания живых клеток и компонентов внеклеточного матрикса для создания тканеинженерных конструкций для регенеративной медицины. Требования, предъявляемые

к материалам для создания таких конструкций, — механическая прочность, биосовместимость, широкое окно печатаемости и многие другие параметры, которые необходимы для поддержания жизнеспособности клеток в подобных конструкциях [60–62]. Гидрогели, входящие в состав каркасов, применяемые для технологии 3D-биопечати, могут быть получены на основе натуральных, синтетических материалов или их комбинаций. При выборе основы для создания гидрогеля предпочтение отдается натуральным полимерам, таким как желатин, гиалуроновая кислота, коллаген, хитозан, которые обладают прекрасной биосовместимостью, легкой биоразлагаемостью и низкой токсичностью [63–66].

Создание гидрогелей на основе шелка паутины для биопечати является привлекательным для тканевой инженерии и регенеративной медицины. Это обусловлено уникальными химическими, биологическими, механическими свойствами шелка. Y. Sun и соавт. сравнили гидрогелевые каркасы, полученные из 2 типов желез шелка паутины (большая ампула и трубчатая железа) [67]. Гидрогель, полученный из большой ампулы *Trichonephila clavata*, продемонстрировал удовлетворительную пористость, а также удлиненные волоконистые структуры и улучшенные механические свойства, в то время как гидрогель из трубчатой железы — повышенную пористость, гребневидные или стенообразные структуры и стабильную биоемкость, образованную путем физического сшивания. Кроме того, авторы сравнили гидрогелевый каркас на основе фиброина шелка из кокона тутового шелкопряда *Bombyx mori* с гидрогелевым каркасом на основе шелка паутины. Гидрогели, полученные из паутинных желез *Trichonephila clavata*, обладали большей прочностью по сравнению с гидрогелями на основе фиброина шелка.

A. Lechneг и соавт. исследовали рекомбинантный шелк паутины в качестве потенциального гидрогеля для биопечати [68]. В качестве клеток для биочернил использовали эпителиальные клетки поджелудочной железы человека VхРС-3, полученной из аденокарциномы. Модель аортального клапана была напечатана с использованием 3 % гидрогелей eADF4 (C16) на основе рекомбинантного шелка паутины. Форма аортального клапана была точно воспроизведена, и авторы продемонстрировали его прочность с помощью теста на разрушение нитей. Критичным моментом для биопечати является количество жизнеспособных клеток после печати. В данной работе продемонстрирована высокая жизнеспособность клеток VхРС-3 —  $85 \pm 1$  % для eADF4(C16),  $83 \pm 4$  % для eADF4(C16)-RGD,  $75 \pm 4$  % для eADF4(C16)-RGD и  $75 \pm 4$  % для eADF4 (C16-RGE). Кроме того, клетки были равномерно распределены по всем напечатанным каркасам без скопления или агрегации, что является важным для напечатанных конструкций. Таким образом, авторы показывают,

что материалы на основе рекомбинантных белков шелка паутины могут быть использованы в качестве биочернил с высоким содержанием клеток для печати сложных структур.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В обзоре представлены последние исследования о взаимодействии материалов шелка паутины с клетками и тканями. Полученные данные подтверждают, что этот природный материал является биосовместимым, биоразлагаемым, механически прочным, что делает его перспективным для применения в тканевой инженерии и регенеративной медицине. Развитие современных технологий, таких как 3D-биопечать, дает возможность создавать каркасы точной формы и структуры в соответствии с дефектами, например хрящевой или костной ткани, которые могут имитировать строение нативных тканей, что необходимо для успешного восстановления.

Получение натурального шелка паутины является трудоемким и экономически затратным процессом. В связи с этим развитие технологий по получению рекомбинантного шелка паутины создает возможность контролировать молекулярные характеристики рекомбинантных спидроинов и условия для разработки специальных модифицированных вариантов паутинного шелка для применения в конкретных терапевтических целях.

Вариативные матрицы на основе шелка паутины определяют механические свойства и форму имплантата, инициируют каскадную реакцию внутриклеточных сигналов, тем самым формируя субстрат для адгезии клеток. Таким образом, накопленные экспериментальные данные в области применения шелка паутины позволяют открыть возможности для проведения клинических испытаний для получения разрешения на его использование в тканевой инженерии и регенеративной медицине.

## Литература | References

1. Vincent J.F., Bogatyreva O.A., Bogatyrev N.R. et al. Biomimetics: its practice and theory. *J R Soc Interface* 2006;3(9):471–82. DOI: 10.1098/rsif.2006.0127
2. Oladele I.O., Onuh L., Taiwo A.S. et al. Mechanical, wear and thermal conductivity characteristics of snail shell-derived hydroxyapatite reinforced epoxy bio-composites for adhesive biomaterials applications. *Int J Sustain Eng* 2022;15(1):122–35.
3. Li H., Hu C., Yu H., Chen C. Chitosan composite scaffolds for articular cartilage defect repair: a review. *RSC Adv* 2018;8(7):3736–49. DOI: 10.1039/c7ra11593h
4. Rogina A., Pušić M., Štefan L. et al. Characterization of chitosan-based scaffolds seeded with sheep nasal chondrocytes for cartilage tissue engineering. *Ann Biomed Eng* 2021;49(6):1572–86. DOI: 10.1007/s10439-020-02712-9
5. Che X., Zhao T., Hu J. et al. Application of chitosan-based hydrogel in promoting wound healing: a review. *Polymers (Basel)* 2024;16(3):344. DOI: 10.3390/polym16030344
6. Liu H., Lv P., Zhu Y. et al. Salidroside promotes peripheral nerve regeneration based on tissue engineering strategy using Schwann cells and PLGA: *in vitro* and *in vivo*. *Sci Rep* 2017;7:39869. DOI: 10.1038/srep39869
7. Allmeling C., Jokuszies A., Reimers K. et al. Spider silk fibres in artificial nerve constructs promote peripheral nerve regeneration. *Cell Prolif* 2008;41(3):408–20. DOI: 10.1111/j.1365-2184.2008.00534.x
8. Allmeling C., Jokuszies A., Reimers K. et al. Use of spider silk fibres as an innovative material in a biocompatible artificial nerve conduit. *J Cell Mol Med* 2006;10(3):770–7. DOI: 10.1111/j.1582-4934.2006.tb00436.x
9. Rising A., Johansson J. Toward spinning artificial spider silk. *Nat Chem Biol* 2015;11(5):309–15. DOI: 10.1038/nchembio.1789
10. Babb P.L., Lahens N.F., Correa-Garhwal S.M. et al. The *Nephila clavipes* genome highlights the diversity of spider silk genes and their complex expression. *Nat Genet* 2017;49(6):895–903. DOI: 10.1038/ng.3852
11. Kluge J.A., Rabotyagova O., Leisk G.G., Kaplan D.L. Spider silks and their applications. *Trends Biotechnol* 2008;26(5):244–51. DOI: 10.1016/j.tibtech.2008.02.006
12. Shanafelt M., Larracas C., Dyrness S. et al. Egg case protein 3: a constituent of black widow spider tubuliform silk. *Molecules* 2021;26(16):5088. DOI: 10.3390/molecules26165088
13. Peakall D.B. Synthesis of silk, mechanism and location. *Am Zool* 1969;9(1):71–9.
14. Arndt T., Jaudzems K., Shilkova O. et al. Spidroin N-terminal domain forms amyloid-like fibril based hydrogels and provides a protein immobilization platform. *Nat Commun* 2022;13(1):4695. DOI: 10.1038/s41467-022-32093-7
15. Collin M.A., Clarke T.H. 3<sup>rd</sup>, Ayoub N.A., Hayashi C.Y. Genomic perspectives of spider silk genes through target capture sequencing: conservation of stabilization mechanisms and homology-based structural models of spidroin terminal regions. *Int J Biol Macromol* 2018;113:829–40. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.032
16. Garb J.E., Haney R.A., Schwager E.E. et al. The transcriptome of Darwin's bark spider silk glands predicts proteins contributing to dragline silk toughness. *Commun Biol* 2019;2:275. DOI: 10.1038/s42003-019-0496-1
17. Saric M., Eisoldt L., Döring V., Scheibel T. Interplay of different major ampullate spidroins during assembly and implications for fiber mechanics. *Adv Mater* 2021;33(9). DOI: 10.1002/adma.202006499
18. Arakawa K., Kono N., Malay A.D. et al. 1000 spider silkomes: linking sequences to silk physical properties. *Sci Adv* 2022;8(41). DOI: 10.1126/sciadv.abe6043
19. Li J., Li S., Huang J. et al. Spider silk-inspired artificial fibers. *Adv Sci (Weinh)* 2022;9(5). DOI: 10.1002/advs.202103965
20. Ramezaniaghdam M., Nahdi N.D., Reski R. Recombinant spider silk: promises and bottlenecks. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:835637. DOI: 10.3389/fbioe.2022.835637
21. Agnarsson I., Kuntner M., Blackledge T.A. Bioprospecting finds the toughest biological material: extraordinary silk from a giant

- riverine orb spider. PLoS One 2010;5(9):e11234. DOI: 10.1371/journal.pone.0011234
22. Liu R., Deng Q., Yang Z., et al. "Nano-fishnet" structure making silk fibers tougher. Adv Funct Mater 2016;26(33):5534–41. DOI: 10.1002/adfm.201600813
  23. Yazawa K., Malay A.D., Masunaga H., Numata K. Role of skin layers on mechanical properties and supercontraction of spider dragline silk fiber. Macromol Biosci 2019;19(3):e1800220. DOI: 10.1002/mabi.201800220
  24. Du N., Yang Z., Liu X.Y. et al. Structural origin of the strain-hardening of spider silk. Adv Funct Mater 2011;21(5):772–8. DOI: 10.1002/adfm.201001397
  25. Vollrath F., Madsen B., Shao Z. The effect of spinning conditions on the mechanics of a spider's dragline silk. Proc Biol Sci 2001;268(1483):2339–46. DOI: 10.1098/rspb.2001.1590
  26. Lefèvre T., Boudreault S., Cloutier C., Pézolet M. Diversity of molecular transformations involved in the formation of spider silks. J Mol Biol 2011;405(1):238–53. DOI: 10.1016/j.jmb.2010.10.052
  27. Liu Y., Shao Z., Vollrath F. Elasticity of spider silks. Biomacromolecules 2008;9(7):1782–6. DOI: 10.1021/bm7014174
  28. Giesa T., Schuetz R., Fratzl P. et al. Unraveling the molecular requirements for macroscopic silk supercontraction. ACS Nano 2017;11(10):9750–8. DOI: 10.1021/acsnano.7b01532
  29. Lee S.M., Pippel E., Moutanabbir O. et al. In situ Raman spectroscopic study of Al-infiltrated spider dragline silk under tensile deformation. ACS Appl Mater Interfaces 2014;6(19):16827–34. DOI: 10.1021/am5041797
  30. Gobbi S.J., Gobbi V.J., Rocha Y. Requirements for selection/development of a biomaterial. Biomed J Sci Tech Res 2019;14(3). DOI: 10.26717/BJSTR.2019.14.002554
  31. Kiradzhyska D.D., Mantcheva R.D. Overview of biocompatible materials and their use in medicine. Folia Med (Plovdiv) 2019;61(1):34–40. DOI: 10.2478/folmed-2018-0038
  32. Zeplin P.H., Maksimovikj N.C., Jordan M.C. et al. Spider silk coatings as a bioshield to reduce periprosthetic fibrous capsule formation. Adv Funct Mater 2014;24(17):2658–66. DOI: 10.1002/adfm.201302813
  33. Kuhbier J.W., Cogger V., Mueller J. et al. Influence of direct or indirect contact for the cytotoxicity and blood compatibility of spider silk. J Mater Sci Mater Med 2017;28(8):127. DOI: 10.1007/s10856-017-5936-1
  34. Keiser C.N., DeMarco A.E., Shearer T.A. et al. Putative microbial defenses in a social spider: immune variation and antibacterial properties of colony silk. J Arachnol 2015;43(3):394–9. DOI: 10.1636/arac-43-03-394-399
  35. Tahir H.M., Qamar S., Sattar A. et al. Evidence for the antimicrobial potential of silk of *Cyclosa confragra* (Thorell, 1892) (Araneae: Araneidae). Acta Zool Bulg 2017;69:593–5.
  36. Esteves F.G., Dos Santos-Pinto J.R.A., Ferro M. et al. Revealing the venomous secrets of the spider's web. J Proteome Res 2020;19(8):3044–59. DOI: 10.1021/acs.jproteome.0c00086
  37. Babczyńska A., Sulowicz S., Talik E. et al. Sterile capsule-egg cocoon covering constitutes an antibacterial barrier for spider parasteatoda tepidariorum embryos. Physiol Biochem Zool 2019;92(1):115–24. DOI: 10.1086/701390
  38. Makover V., Ronen Z., Lubin Y., Khalaila I. Eggshell spheres protect brown widow spider (*Latrodectus geometricus*) eggs from bacterial infection. J R Soc Interface 2019;16(150):20180581. DOI: 10.1098/rsif.2018.0581
  39. Haq I.U., Qasim M., Rahim K. et al. Efficacy of the spider web metabolites activity against multi-drug resistant (MDR) bacteria. Appl Ecol Environ Res 2019;17(5):10899–908. DOI: 10.15666/aeer/1705\_1089910908
  40. Fruergaard S., Lund M.B., Schramm A. et al. The myth of antibiotic spider silk. iScience 2021;24(10):103125. DOI: 10.1016/j.isci.2021.103125
  41. Wright S., Goodacre S.L. Evidence for antimicrobial activity associated with common house spider silk. BMC Res Notes 2012;5:326. DOI: 10.1186/1756-0500-5-326
  42. Агапова О.И. Биоинженерные конструкции на основе фибрина шелка и спидроина для регенеративной медицины и тканевой инженерии (обзор). Современные технологии в медицине 2017;9(2):190–206. DOI: 10.17691/stm2017.9.2.24
  - Agarova O.I. Silk fibroin and spidroin bioengineering constructions for regenerative medicine and tissue engineering (review). Sovremennye tehnologii v medicine = Modern Technologies in Medicine 2017;9(2):190–206. (In Russ.). DOI: 10.17691/stm2017.9.2.24
  43. Debabov V.G., Bogush V.G. Recombinant spidroins as the basis for new materials. ACS Biomater Sci Eng 2020;6(7):3745–61. DOI: 10.1021/acsbiomaterials.0c00109
  44. Кретов Е.И., Заполоцкий Е.Н., Таркова А.Р. и др. Электро-спиннинг для дизайна материалов медицинского назначения. Бюллетень сибирской медицины 2020;(2):153–62. DOI: 10.20538/1682-0363-2020-2-153-162
  - Kretov E.I., Zapolotsky E.N., Tarkova A.R. et al. Electrospinning for the design of medical supplies. Byulleten sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine 2020;(2):153–62. (In Russ.). DOI: 10.20538/1682-0363-2020-2-153-162
  45. Mikhailova M.M., Sydoruk K.V., Davydova L.I. et al. Nonwoven spidroin materials as scaffolds for *ex vivo* cultivation of aortic fragments and dorsal root ganglia. J Biomater Sci Polym Ed 2022;33(13):1685–703. DOI: 10.1080/09205063.2022.2073426
  46. Kuhbier J.W., Allmeling C., Reimers K. et al. Interactions between spider silk and cells – NIH/3T3 fibroblasts seeded on miniature weaving frames. PLoS One 2010;5(8):e12032. DOI: 10.1371/journal.pone.0012032
  47. Kuhbier J.W., Reimers K., Kasper C. et al. First investigation of spider silk as a braided microsurgical suture. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2011;97(2):381–7. DOI: 10.1002/jbm.b.31825
  48. Strauß S., Diemer M., Bucan V. et al. Spider silk enhanced tissue engineering of cartilage tissue: approach of a novel bioreactor model using adipose derived stromal cells. J Appl Biomater Funct Mater 2024;22. DOI: 10.1177/22808000241226656
  49. Steins A., Dik P., Müller W.H. et al. *In vitro* evaluation of spider silk meshes as a potential biomaterial for bladder reconstruction. PLoS One 2015;10(12):e0145240. DOI: 10.1371/journal.pone.0145240
  50. Малюгин Б.Э., Борзенко С.А., Сабурин И.Н. и др. Разработка биоинженерной конструкции искусственной роговицы на основе пленочного матрикса из спидроина и культивированных клеток лимбальной зоны глазного яблока. Офтальмохирургия 2013;(4):89–97.
  - Malyugin B.E., Borzenok S.A., Saburina I.N. et al. Development of a bioengineered artificial cornea based on a spidroin film matrix and cultured limbal cells. Oftal'mokhirurgiya = Ophthalmic Surgery 2013;(4):89–97. (In Russ.).
  51. Малюгин Б.Э., Борзенко С.А., Комах Ю.А. и др. Современные возможности клеточных технологий в конструировании биологического эквивалента искусственной роговицы. Сибирский научный медицинский журнал 2014;(5).
  - Malyugin B.E., Borzenok S.A., Komakh Yu.A. et al. Modern possibilities of cellular technologies in the construction of a biological equivalent of an artificial cornea. Sibirskiy nauchnyy meditsinskiy zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal 2014;(5). (In Russ.).
  52. Atala A., Kasper F.K., Mikos A.G. Engineering complex tissues. Sci Transl Med 2012;4(160):160rv12. DOI: 10.1126/scitranslmed.3004890
  - Агапова О.И., Ефимов А.Е., Мойсенович М.М. и др. Сравнительный анализ трехмерной наноструктуры пористых биодеградируемых матриксов из рекомбинантного спидроина и фибрина шелка для регенеративной медицины. Вестник трансплантологии и искусственных органов 2015;17(2):37–44. DOI: 10.15825/1995-1191-2015-2-37-44

- Agapova O.I., Efimov A.E., Moisenovich M.M. et al. Comparative analysis of three-dimensional nanostructure of porous biocompatible scaffolds made of recombinant spider silk and silk fibroin for regenerative medicine. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov = Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs* 2015;17(2):37–44. (In Russ.). DOI: 10.15825/1995-1191-2015-2-37-44
53. Агапова О.И., Дружинина Т.В., Трофимов К.В. и др. Биодegradуемые пористые матрицы для регенерации костной ткани. *Перспективные материалы* 2015;(8):17–26. Agapova O.I., Druzhinina T.V., Trofimov K.V. et al. Biodegradable porous matrices for bone tissue regeneration. *Perspektivnye materialy = Promising Materials* 2015;(8):17–26. (In Russ.).
54. Mehta N., Hede S. Spider silk calcite composite. *Hypothesis* 2005;3(2):21.
55. Dmitrović S. Synthesis and characterization of spider silk calcite composite. *Proces Appl Ceram* 2016;10(1):37–40.
56. Cao B., Mao C. Oriented nucleation of hydroxylapatite crystals on spider dragline silks. *Langmuir* 2007;23(21):10701–5. DOI: 10.1021/la7014435
57. Sun Y., Jia X., Meng Q. Characteristic evaluation of recombinant MiSp/Poly(lactic-co-glycolic) Acid (PLGA) nanofiber scaffolds as potential scaffolds for bone tissue engineering. *Int J Mol Sci* 2023;24(2):1219. DOI: 10.3390/ijms24021219
58. Tasiopoulos C.P., Petronis S., Sahlin H., Hedhammar M. Surface functionalization of PTFE membranes intended for guided bone regeneration using recombinant spider silk. *ACS Appl Bio Mater* 2020;3(1):577–83. DOI: 10.1021/acsbm.9b00972
59. Freeman S., Calabro S., Williams R. et al. Bioink formulation and machine learning-empowered bioprinting optimization. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:913579. DOI: 10.3389/fbioe.2022.913579
60. Fu Z., Naghieh S., Xu C. et al. Printability in extrusion bioprinting. *Biofabrication* 2021;13(3). DOI: 10.1088/1758-5090/abe7ab
61. Gao T., Gillispie G.J., Copus J.S. et al. Optimization of gelatin-alginate composite bioink printability using rheological parameters: a systematic approach. *Biofabrication* 2018;10(3):034106. DOI: 10.1088/1758-5090/aacdc7
62. Contessi Negrini N., Celikkin N., Tarsini P. et al. Three-dimensional printing of chemically crosslinked gelatin hydrogels for adipose tissue engineering. *Biofabrication* 2020;12(2):025001. DOI: 10.1088/1758-5090/ab56f9
63. Petta D., D'Amora U., Ambrosio L. et al. Hyaluronic acid as a bioink for extrusion-based 3D printing. *Biofabrication* 2020;12(3):032001. DOI: 10.1088/1758-5090/ab8752
64. Stepanovska J., Supova M., Hanzalek K. et al. Collagen bioinks for bioprinting: a systematic review of hydrogel properties, bioprinting parameters, protocols, and bioprinted structure characteristics. *Biomedicines* 2021;9(9):1137. DOI: 10.3390/biomedicines9091137
65. Magli S., Rossi G.B., Risi G. et al. Design and synthesis of chitosan-gelatin hybrid hydrogels for 3D Printable *in vitro* models. *Front Chem* 2020;8:524. DOI: 10.3389/fchem.2020.00524
66. Sun Y., Ku B.J., Moon M.J. Microstructure of the silk fibroin-based hydrogel scaffolds derived from the orb-web spider *Trichonephila clavata*. *Appl Microsc* 2024;54(3). DOI: 10.1186/s42649-024-00096-x
67. Lechner A., Trossmann V.T., Scheibel T. Impact of cell loading of recombinant spider silk based bioinks on gelation and printability. *Macromol Biosci* 2022;22(3). DOI: 10.1002/mabi.202100390

#### Вклад авторов | Authors' contributions

С.В. Пятницкая: разработка дизайна статьи, поиск и анализ публикаций по теме статьи, написание текста статьи, окончательная правка;  
Ш.М. Сафин, В.А. Смирнов: научное консультирование, редактирование статьи;  
Р.А. Заманова: анализ публикаций, редактирование раздела «Структура шелка паутины»;  
А.И. Файрушина: анализ публикаций, редактирование раздела «Физические свойства шелка паутины»;  
Д.З. Махьянов: анализ публикаций, редактирование разделов «Биологические свойства шелка паутины» и «Волокна, пленки, нетканые сетки, композитные материалы на основе шелка паутины»;  
Н.И. Абдуллина: анализ публикаций, редактирование раздела «Применение шелка паутины для 3D-биопечати»;  
Г.Р. Киреева, И.Ф. Фасхутдинов: анализ публикаций, редактирование статьи;  
В.В. Крылов: научное консультирование;  
В.Н. Павлов: планирование работы, финансирование, координация работы, окончательная правка.  
S.V. Piatnitskaia: development of article design, search and analysis of publications on the topic of the article, article writing, final editing;  
Sh.M. Safin, V.A. Smirnov: scientific consulting, article editing;  
R.A. Zamanova: analysis of publications, editing the section “Structure of spider silk”;  
A.I. Fairushina: analysis of publications, editing the section “Physical properties of spider silk”;  
D.Z. Makhyanov: analysis of publications, editing the sections “Biological properties of spider silk” and “Fibers, films, non-woven meshes, composite materials based on spider silk”;  
N.I. Abdullina: analysis of publications, editing the section “Application of spider silk for 3D bioprinting”;  
G.R. Kireeva, I.F. Faskhutdinov: analysis of publications, article editing;  
V.V. Krylov: scientific consulting;  
V.N. Pavlov: work planning, financing, work coordination, final editing.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

С.В. Пятницкая / S.V. Piatnitskaia: <https://orcid.org/0000-0002-4317-8146>  
Ш.М. Сафин / Sh.M. Safin: <https://orcid.org/0000-0002-0100-6100>  
Р.А. Заманова / R.A. Zamanova: <https://orcid.org/0009-0003-2986-5251>  
А.И. Файрушина / A.I. Fairushina: <https://orcid.org/0009-0006-3082-941X>  
Д.З. Махьянов / D.Z. Makhyanov: <https://orcid.org/0009-0002-9523-3837>  
Н.И. Абдуллина / N.I. Abdullina: <https://orcid.org/0009-0003-7003-4097>  
В.А. Смирнов / V.A. Smirnov: <https://orcid.org/0000-0003-4096-1087>  
В.В. Крылов / V.V. Krylov: <https://orcid.org/0000-0001-5256-0905>  
В.Н. Павлов / V.N. Pavlov: <https://orcid.org/0000-0003-2125-4897>

Конфликт интересов | [Conflict of interest](#)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.

Финансирование | [Funding](#)

Работа выполнена за счет средств Программы стратегического академического лидерства ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России (ПРИОРИТЕТ-2030).  
The work was carried out using funds from the Strategic Academic Leadership Program of the Bashkir State Medical University, Ministry of Health of Russia (PRIORITY-2030).

Статья поступила | [Article submitted](#): 02.02.2025.  
Рецензия | [Peer reviewed](#): 19.11.2025.  
Принята к публикации | [Accepted for publication](#): 02.04.2026.  
Опубликована онлайн | [Published online](#): 11.06.2026.

# Э.Д. Сквайр, П.П. Брока и В.А. Хорсли как основоположники палеоантропологии и палеопатологии

## Контакты:

Владислав Владимирович  
Раменский  
[ramenv@mail.ru](mailto:ramenv@mail.ru)

А.Ю. Улитин<sup>1</sup>, В.В. Раменский<sup>1</sup>, Н.Е. Воинов<sup>1</sup>, Г.А. Улитин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Российский научно-исследовательский нейрохирургический институт им. проф. А.Л. Поленова» – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Минздрава России; Россия, 191014 Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 12;

<sup>2</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6, литера Ж

Научный интерес к трепанации черепа возник лишь во второй половине XIX в. после того, как Э.Д. Сквайр привез из экспедиции трепанированный череп доколумбовой эпохи. Изучение в последующем данной находки французским хирургом П.П. Брока с учетом его антропологических и медицинских знаний помогло создать захватывающую атмосферу, в которой ученые размышляли о том, что на самом деле знали неолитические и первобытные люди о мозге и хирургии. В.А. Хорсли впоследствии предположил, что трепанация возникла как способ лечения боли и эпилепсии, связанных со вдавленными переломами. Как и П.П. Брока до него, В.А. Хорсли вызвал научный интерес, побудивший других ученых в конце 1800-х годов исследовать древние трепанации и писать о них.

**Ключевые слова:** Э. Сквайр, П. Брока, В. Хорсли, неолитический период, трепанация

**Для цитирования:** Улитин А.Ю., Раменский В.В., Воинов Н.Е., Улитин Г.А. Э.Д. Сквайр, П.П. Брока и В.А. Хорсли как основоположники палеоантропологии и палеопатологии. Нейрохирургия 2026;28(2):122–34.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-122-134>

## E.J. Squire, P.P. Broca and V.A. Horsley as founders of paleoanthropology and paleopathology

A.Yu. Ulitin<sup>1</sup>, V.V. Ramensky<sup>1</sup>, N.E. Voinov<sup>1</sup>, G.A. Ulitin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>A.L. Polenov Russian Scientific Research Neurosurgical Institute – branch of the V.A. Almazov National Medical Research Center, Ministry of Health of Russia; 12 Mayakovsky St., Saint Petersburg 191014, Russia;

<sup>2</sup>S.M. Kirov Military Medical Academy of Ministry of Defense of Russia; lit. Ж, 6 Akademika Lebedeva St., Saint Petersburg 194044, Russia

**Contacts:** Vladislav Vladimirovich Ramensky [ramenv@mail.ru](mailto:ramenv@mail.ru)

Scientific interest in craniotomy arose only in the second half of the 19<sup>th</sup> century after a pre-Columbian trepanned skull brought from the expedition by E.D. Squier. The subsequent study of this find by the French surgeon P.P. Broca, taking into account his anthropological and medical knowledge, helped create an exciting atmosphere in which scientists reflected on what Neolithic and primitive people actually knew about the brain and surgery. V.A. Horsley postulated that trepanation originated as a way to treat pain and epilepsy caused by depressed cranial fractures. Like P.P. Brock before him, V.A. Horsley aroused scientific interest, prompting others in the late 1800s to research and write about ancient trepanations.

**Keywords:** G. Squier, P. Broca, V. Horsley, neolithic period, trepanation

**For citation:** Ulitin A.Yu., Ramensky V.V., Voinov N.E., Ulitin G.A. E.J. Squire, P.P. Broca and V.A. Horsley as founders of paleoanthropology and paleopathology. Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery 2026;28(2):122–34.

DOI: <https://doi.org/10.63769/1683-3295-2026-28-2-122-134>

## ПЕРУАНСКИЙ ЧЕРЕП Э.Д. СКВАЙРА

*Я смотрю на себя как на ребенка, который, играя на берегу океана, нашел несколько камешков поглаже и раковин попестрее, чем удавалось другим, в то время как неизмеримый океан истины расстился передо мной неисследованным.*

**И. Ньютон**

О том, что трепанация черепа проводилась с доисторических времен, человечество могло бы узнать еще в 1685 г., когда Бернар де Монфокон обнаружил первый череп со следами рукотворных дефектов в Кочереле (Франция). Однако ни он сам, ни его современники не придали существенного значения данной находке. В 1816 г. Александр Барби дю Бокаж нашел еще один череп — также во Франции, в долине Луары. В этот раз уже было высказано предположение, что он принадлежал человеку, которому сделана краниотомия — по-видимому, за несколько лет до смерти, однако о причинах операции никто не задумывался. В 1839 г. С.Д. Мортон включил рисунки трепанированных черепов в свою книгу «Череп Америки», но ошибочно указал, что отверстия в них являются результатом боевых травм.

Таким образом, научный в современном понимании интерес к трепанациям древности возник лишь во второй половине XIX в. — в период первых значимых археологических открытий. Началось с того, что Эфраим Джордж Сквайр, бывший инженер, затем — журналист, этнолог и археолог-любитель, а в 1860-х годах — временный поверенный в делах США в Центральной Америке, оказался в Перу, где выполнял различные поручения президента А. Линкольна, в частности, решал вопросы о закупке гуано для американских фермеров. Успешно справившись с дипломатическими задачами, он посвятил свободное время своей страсти к археологии и антропологии, путешествуя по Перу. В 1865 г. в одной из поездок некая сеньора Зентино, увлекающаяся коллекционированием произведений искусства и древностей народов Перу, показала Э.Д. Сквайру череп, обнаруженный в одном из захоронений на месте древнего города инков Куско, имевший прямоугольный дефект в лобно-теменной области (рис. 1). Исследователь чрезвычайно заинтересовался увиденным артефактом и, считая, что отверстие в черепе является результатом хирургического вмешательства, выпросил его у сеньоры, чтобы показать американским хирургам и ученым. В своей книге «Перу. Случаи путешествий и исследований в стране инков», опубликованной в 1877 г., Э.Д. Сквайр написал: «В некоторых отношениях наиболее важной реликвией в коллекции сеньоры Зентино является лобная кость черепа с кладбища инков в долине Юкай, которая демонстрирует явный случай трепанации перед смертью. Сеньора была достаточно



Эфраим Джордж Сквайр (Squier) (1821-1888) — американский писатель, дипломат, путешественник и археолог

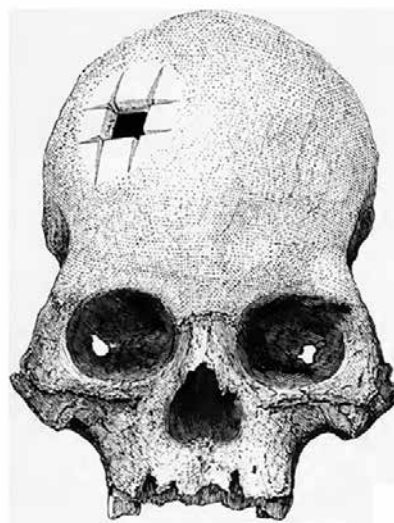


Рис. 1 | Fig. 1

Инкский череп из Куско (Перу), привезенный Э.Д. Сквайром, с которого началось исследование трепанаций, проведенных в древности (впоследствии он датирован 1400-1530 гг.) [Broca P, 1876]

Inca skull from Cusco (Peru) obtained by E.J. Squire which started the study of ancient trepaninations [subsequently dated to be from 1400-1530] [Broca P, 1876]

любезна, чтобы предоставить его мне для исследования... Прорезание кости производилось не пилой, а, очевидно, резцом или инструментом, подобным тому, которым пользуются граверы по дереву и металлу. Отверстие имеет ширину пятьдесят восемь сотых дюйма и длину семьдесят сотых [15 × 17 мм — Прим. авт.] ...».

Сейчас этот череп находится в Американском музее естественной истории и по праву считается одним из величайших открытий археологии.

Э.Д. Сквайр привез череп в США и отнес его в Нью-Йоркскую медицинскую академию (New-York Academy of Medicine) профессору А.К. Гарднеру, попросив изучить его и представить другим членам академии, которые в большинстве своем интерпретировали находку как случай трепанации, что и было

задокументировано в протоколе Бюллетеня академии: «...при жизни пациента была проведена операция по трепанации, при этом из лобной кости был удален кусок кости квадратной формы, с использованием, по-видимому, инструмента для выдалбливания... В одной части отверстия, казалось, были признаки попытки природы сформировать новую кость, чтобы восстановить повреждение, полученное в результате операции». Все члены академии единодушно согласились с тем, что отверстие сделано человеком. Однако некоторые из них утверждали, что отсутствие признаков роста кости свидетельствует о том, что произошло это уже после смерти. Скептически настроенные ученые мужи высказали мнение, что не обладавшие врачебной проныцательностью и необходимым хирургическим мастерством перуанские индейцы не смогли бы выполнить на живом человеке такую сложную и опасную хирургическую процедуру, каковой является трепанация черепа. К слову, превосходство белой расы в то время не вызывало сомнений, а взаимосвязь размера мозга, расы и интеллекта была одной из горячо обсуждаемых тем в научных кругах по всему миру. Балладами Киплинга о «бремени белого человека» зачитывались и в Лондоне, и в Париже, и в Нью-Йорке, а маститые ученые задолго до появления национал-социализма уже лезли с циркулем к черепам африканцев, индейцев и полинезийцев.

В дополнение к характерным для того времени расистским взглядам о неполноценности представителей индейской расы, которых придерживались члены Нью-Йоркской медицинской академии, их сомнения также подпитывались тем фактом, что в США (как и в Европе) у пациентов, которым проводились трепанации, летальность была очень высокой – выживаемость редко достигала 30 %. Основными причинами этого были свирепствовавшие в больницах инфекции и полное отсутствие представлений об асептике и антисептике. Признание результатов исследований А. Зиммельвейса и Д. Листера было еще впереди. Не будем также забывать, что год, в котором Э.Д. Сквайр представил академии перуанский череп, был датой окончания Гражданской войны в Америке, во время которой трепанация выполнялась довольно часто, однако более 50 % перенесших ее пациентов, увы, скончались. Результаты же недавних исследований показали, что после операций хирургов-инков выживаемость составляла от 75 до 83 %.

Э.Д. Сквайр родился в 1821 г. в г. Вифлеем штата Нью-Йорк и был потомком первых переселенцев-пуритан. Его предок Самюэль Сквайр был лейтенантом и другом Оливера Кромвеля, а дед Эфраим сражался против англичан в Войне за независимость США. Отец Э.Д. Сквайра был методистским священником, и семья жила скромно, во всяком случае, образование он получил весьма поверхностное, совмещая учебу

с работой на ферме деда. Тем не менее Эфраим стал инженером, но финансовый кризис 1837 г. толкнул его на поприще журналистики. Он перебрался в Нью-Йорк, где начал писать для ряда газет и даже публиковал свои стихи, потом занялся политикой и археологией. Э.Д. Сквайр написал несколько книг о курганах долины Миссисипи и происхождении американской расы. Он считал, что США имеют собственную замечательную и древнюю историю, возможно, даже сравнимую с историей Египта или Греции.

Со временем Э.Д. Сквайр стал выдающимся и признанным архитектором, окончил Медицинский колледж Пенсильвании и Эдинбургский университет. Он полюбил Центральную Америку и позже написал книги «Путешествия по Центральной Америке», «Наблюдения по археологии и этнологии Никарагуа». Интерес к этому региону и дипломатические способности Э.Д. Сквайра стали причиной того, что Авраам Линкольн назначил его в 1863 г. членом комиссии по Соглашению о претензиях между США и Перу. В 1870-х годах жизнь Сквайра была безрадостной – ему изменила жена, появились финансовые проблемы, обнаружилось психическое расстройство, и он скончался в нужде, одинокий и больной. Удивительно, но в его некрологе перуанский череп, так хорошо известный в археологических кругах, даже не упоминался. И все же постарайтесь не забыть, что именно Э.Д. Сквайр был одним из первых ученых (пусть и любителем), чья деятельность способствовала переходу археологии к эпохе систематического сбора данных и детальной классификации.

#### П. П. БРОКА И ЕГО ВЗГЛЯД НА ДРЕВНИЕ ТРЕПАНАЦИИ

*И новое сказал он слово, хоть правде старой послужил.*

*А. Григорьев*

Разочарованный и несколько обиженный, Э.Д. Сквайр в 1867 г. пересек Атлантику и обратился к известному хирургу и еще более известному антропологу, профессору внешней патологии и клинической хирургии Парижского университета Полю Пьеру Брока, чтобы узнать его мнение о возможном происхождении дефекта в перуанском черепе. Это сегодня П.П. Брока известен открытием локализации функции моторной речи в коре головного мозга, а в те времена его слава была связана в первую очередь с краниометрическими и антропологическими исследованиями, а также дискуссиями о связи формы человеческих черепов с уровнем интеллекта и расовым превосходством.

П.П. Брока родился в 1824 г. в семье военного врача в г. Сен-Фуали-Гранд на юго-западе Франции. Он пошел по стопам отца и уже в 20 лет получил медицинское образование, приступив к работе прозектора сразу в нескольких госпиталях. Одновременно П.П. Брока



Поль Пьер Брока (Broca) (1824–1880) – французский хирург, этнограф, анатом, основоположник современной антропологии, открывший двигательный центр речи в головном мозге, названный в его честь

Paul Pierre Broca (1824–1880), French surgeon, ethnographer, anatomist, founder of modern anthropology who discovered the motor speech center in the brain named after him

вел активную научную деятельность, публикуя результаты своих исследований в медицинских журналах и обозрениях. В 1848 г. он основал «общество вольнодумцев» – материалистов, разделяющих взгляды Чарльза Дарвина, за что был подвергнут преследованиям со стороны властей. Вскоре П.П. Брока стал профессором хирургической патологии Парижского университета.

Неврологам и нейрохирургам его имя знакомо исключительно в связи с открытием им коркового моторного центра речи (задние отделы нижней височной извилины доминантного полушария), который так и называется «центр Брока». Его имя носит и моторная афазия. По результатам исследования мозга П.П. Брока опубликовал 53 статьи, однако открытие центра речи было случайным и сделано по результатам патолого-анатомического вскрытия всего 2 больных – оба были практически лишены речи и могли произносить всего несколько слов. На секции у этих пациентов выявлено поражение (обусловленное разными заболеваниями) одного и того же участка мозга, что позволило ученому сделать соответствующие выводы.

Однако у П.П. Брока были предшественники. Доктор Франц Йозеф Галль, к примеру, утверждал, что в головном мозге существует центр, способствующий запоминанию слов и воспроизведению речи. Он называл это филологическим талантом. Также мало кому известно, что в 1822 г. (задолго до П.П. Брока) был

описан случай афазии, при которой диагностировано заболевание левой лобной доли; это наблюдение опубликовал Томас Гудд в 3-м томе английского издания «Френологического изыскания». Один из ближайших учеников Жан Батист Буйо, он потратил много сил и энергии (увы, безрезультатно), чтобы доказать парижским академикам, что речевой центр памяти существует. И, наконец, в 1836 г. безвестный сельский врач Марк Дакс, выступая в университете Монпелье на заседании Медицинского общества, заявил, что полушария мозга выполняют различные функции. Работа М. Дакса была выполнена весьма обстоятельно и на огромном по тем временам материале – анализе данных 40 больных. Суть его сообщения сводилась к тому, что потеря речи обычно сопровождается параличом правых конечностей, а следовательно, является результатом поражения левого полушария. Это смелое заявление надолго осталось без внимания, так как при жизни автора доклад напечатан не был. Его подготовил для печати сын М. Дакса и опубликовал лишь через 30 лет (интересно, что П.П. Брока выступил, наряду с другими учеными, против данного доклада).

Медицинские интересы П.П. Брока были широки, включая патологию рака и изучение детской смертности, нейроанатомию и неврологию, хирургию и статистику. Он смело использовал в своей хирургической практике гипноз как метод обезболивания во время операций. П.П. Брока считал, что всякое безвредное средство, оказавшееся успешным хотя бы однажды, заслуживает изучения. Однако мировой науке он более известен как выдающийся антрополог (и более того – основоположник этой науки). Еще в 1850 г. П.П. Брока провел сравнительное исследование анатомических характеристик древних и современных скелетов, эксгумируя захоронения на старинном парижском кладбище, что и явилось одной из причин увлечения ученого физической антропологией. В 1859 г. он учредил первое в Европе Парижское общество антропологии, руководителем которого являлся до конца своих дней, а через 5 лет основал журнал «Антропологическое обозрение» и парижский антропологический музей. В 1876 г. в Париже его усилиями открылась Высшая школа антропологии. П.П. Брока разработал числовые индексы для расчета соотношения размеров черепа и мозга (используемые и в настоящее время), создал специальные приборы – краниометры, вывел ряд основных анатомических соотношений, характеризующих расовые различия, построил шкалы для сравнительного определения цвета глаз, типа волос и оттенков кожи. Любопытно, что исследования ученого сделали из него убежденного расиста (во всяком случае, таковым он являлся бы в современном представлении). Скончался П.П. Брока в расцвете славы в Париже в 1880 г. Свое тело он завещал науке, и его мозг

сегодня является одним из экспонатов Музея человека в Париже.

Скрупулезно изучив привезенный Э.Д. Сквайром череп и проконсультировавшись с некоторыми своими коллегами-хирургами, П.П. Брока пришел к выводу, что дефект в нем является результатом хирургической процедуры и определенно выполнен при жизни человека, поскольку не увидел (при микроскопическом исследовании) никаких следов травмы. Кроме того, признаки воспаления костной ткани позволили ему предположить, что после проведенной операции пациент прожил около 2 нед. Также П.П. Брока имел смелость утверждать, что «...хирургическому акту предшествовал диагноз ... Был ли этот диагноз правильным? Удалась ли операция? Я далек от того, чтобы утверждать это, но испытываю искушение поверить в это...». Удивительно, но ученый, активно участвующий в формировании представлений о примитивности древних (и особенно не белых) цивилизаций, согласился, что представленный Э.Д. Сквайром череп является убедительным доказательством «продвинутой» хирургии древних перуанцев и некоторым образом разведал миф о превосходстве белой расы.

П.П. Брока немедленно доложил о результатах своего исследования на заседании Парижской медицинской академии: «Я имею честь представить Академии древний перуанский череп, трепанированный при жизни субъекта способом полностью отличным от использовавшегося в европейской хирургии», – так начал он свою речь, и далее: «...трепанирование – древнейшая хирургическая практика. Она упоминалась Гиппократом, который описывал ее как рутинную операцию. Но ее происхождение остается неясным. Почти как сегодня, древние греки трепанировали пиллой коронообразной формы. Ничто не указывает на то, что греки или их предки проводили операцию другими методами. Но на черепе из Перу трепанация проведена иссечением прямоугольного фрагмента». В заключение П.П. Брока произнес: «...в Перу до европейской эпохи уже существовала достаточно развитая хирургия...».

Однако французские ученые мужи, как и их американские коллеги, усомнились в том, что индейцы могли успешно выполнить такую сложную операцию. И сомнения эти сохранялись до тех пор, пока спустя несколько лет в дольменах\* Лозера на юге Франции Пьер Бартелими Прюнье, которого многие называют отцом палеопатологии, не обнаружил целую коллекцию (более 120) черепов из неолитического захоронения, имевших характерные трепанационные дефекты

с убедительными признаками заживления. Некоторые из них позднее датированы 6500 г. до н. э. У найденных черепов были круглые отверстия шириной 2–3 дюйма с зубчатыми краями, как будто их процарапали острым камнем (рис. 2). Там же обнаружены костные диски таких же размеров, как и отверстия в черепах, в некоторых из них были просверлены маленькие отверстия – возможно, для ношения в качестве амулетов (П.Б. Прюнье назвал их ронделями\*\*). Практически ни одно из отверстий в черепе в этом образце не было случайным, патологическим или травматическим. Кроме того, очень немногие черепа имели признаки вдавленных переломов, что является обычным и служит показанием для трепанации в наше время.

Позднее установлено, что многочисленные отверстия в черепах, найденных при различных археологических раскопках во Франции, рассматриваемые до этого как результат ударов тяжелыми инструментами или оружием или как посмертные повреждения, были на самом деле вызваны преднамеренной процедурой хирургического вмешательства. Трепанированные черепа времен неолита вскоре были обнаружены в Испании, Португалии, Германии, Чехословакии, Дании, Швеции, Австрии, Польше, Италии, Шотландии, России. А в начале XX в. найдены и более древние черепа. Особенно много черепов со следами древних трепанаций обнаружено в Перу, Боливии и других странах Южной и Центральной Америки (см. рис. 2), куда ряд европейских музеев и университетов направили экспедиции, подтвердившие, что трепанация среди древних инков была довольно распространенной практикой – трепанированных черепов здесь найдено больше, чем в остальных районах планеты, которых к началу XX в. насчитывалось более 1000 экземпляров. Большинство из них имеют овальные или круглые отверстия, сделанные путем выскабливания. Прямоугольные и треугольные отверстия, подобные описанным Э.Д. Сквайром, встречаются значительно реже, хотя особенности черепной хирургии варьируют в зависимости от культуры, времени и географии находок.

Следует сказать, что находки П.Б. Прюнье, а также публикации и выступления П.П. Брока всколыхнули интерес к доисторическим трепанациям среди ученых (в первую очередь французских). И данная проблема уже рассматривается во многих работах того времени, посвященных хирургии и зарождающейся нейрохирургии. Об этом писали Л. Галлес (Gallez) в своей книге “La trépanation du crane” (1893), А. Шипо (Chipault) в “Chirurgie opératoire du Système Nerveux” (1894),

\*Дольмены (от брет. *taol maen* – каменный стол) – древние погребальные и культовые сооружения, относящиеся к категории мегалитов (т.е. к сооружениям, сложеным из больших камней); название происходит от внешнего вида обычных для Европы конструкций – приподнятой на каменных опорах плиты, напоминающей стол.  
\*\*Рондель (фр. *rondelle* – круглый) – термин, используемый для описания круглых предметов.

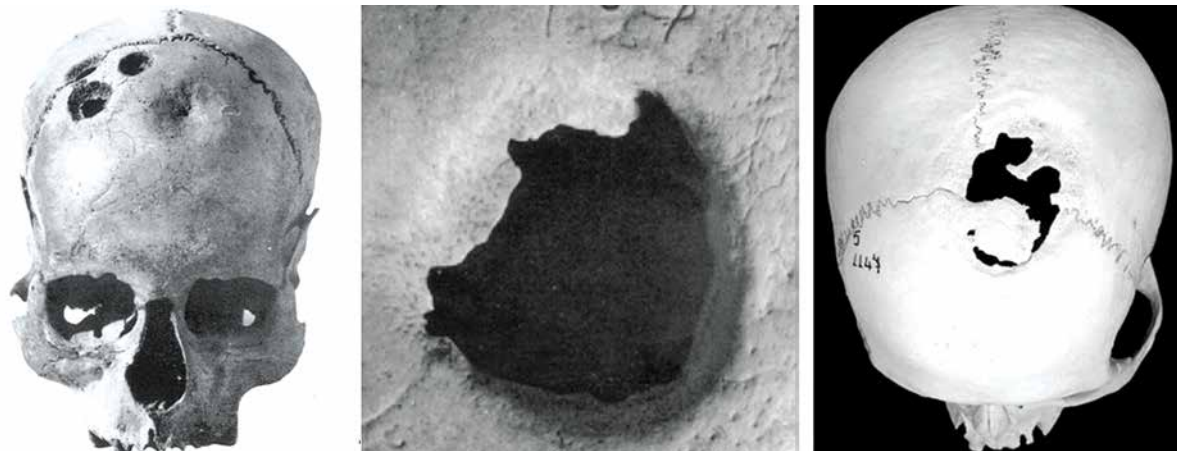


Рис. 2 | Fig. 2

Трепанованные черепа, найденные в Перу (Куско, XV в.), на которых видны признаки заживления (Oakley K.P., 1959)  
Trepanned skulls found in Peru (Cusco, 15<sup>th</sup> century) with signs of healing (Oakley K.P., 1959)

Ф. Террье (Terrier) и М. Перье (Péraire) в “L’opération du trépan” (1895).

Наиболее примечательны 2 черепа, найденных в Новом Свете, — на одном было 5, на другом — 7 отдельных отверстий, демонстрирующих следы заживления. В некоторых областях Перу, судя по количеству трепанированных черепов, обнаруженных в захоронениях, хирургическая активность была особенно высока, что обеспечивало хорошую выживаемость (50–60 %). И хотя, в отличие от находок Старого Света, возраст черепов инков и доинкского периода в Перу составляет менее 2500 лет, здесь обнаружены довольно сложные инструменты для выскабливания и керамические изделия (из Мочки), на которых изображены моменты трепанаций; аналогов в европейских раскопках нет.

Открытие сотен черепов со следами трепанаций, относящихся к периоду неолита, послужило поводом для опровержения существовавшей до сих пор гипотезы о проведении первых трепанаций греками времен Гиппократов.

Необходимо признать, что в 1870-х годах научное европейское общество испытало определенный шок, осознав, что длительное время неправильно интерпретировало археологические находки, многие из которых находились в музеях и частных коллекциях. К тому же в середине XIX в. (до появления теории кортикальной локализации функций мозга) европейские хирурги довольно смутно представляли, в каких участках черепа необходимо проводить трепанацию, если, разумеется, не было травматических повреждений. А высокая послеоперационная летальность приводила к тому, что выдающиеся хирурги, озабоченные поддержанием своей репутации, старались избегать выполнения трепанаций, даже когда имели дело с, казалось бы, безнадежными случаями. Поэтому мысль о том, что люди,

жившие в каменном веке, отваживались на выполнение данной процедуры, вовсе не представлялась нелепой, но с трудом укладывалась в головах ученых.

Однако, как бы то ни было, после обнаружения большого количества черепов с характерными дефектами большинство исследователей согласилось, что они сделаны рукой человека, однако вопрос о причинах трепанаций вызвал продолжавшуюся много лет дискуссию, привлекая многих известных врачей и ученых. Высказывались два основных предположения — доисторическая трепанация либо проводилась по магическим и религиозным мотивам, либо являлась лечебной процедурой, выполняемой с определенной целью — облегчить состояние больного человека (в соответствии с пониманием анатомии и физиологии в то время). Также обсуждались вопросы методики трепанации и выживаемости пациентов в древности.

С характерной для него целеустремленностью П.П. Брока погрузился в изучение найденных П.Б. Прюнье 200 древних черепов. Почти все они содержали округлые отверстия, размер которых варьировал от нескольких сантиметров в диаметре до занимающих почти половину черепа (рис. 3). Чаще всего дефекты встречались в теменной, лобной и затылочных костях (обычно — слева). Особый интерес у П.П. Брока вызвал череп с 3 эллиптическими вырезами вдоль теменной кости, один из которых был тщательно отполирован. П.Б. Прюнье предположил, что череп использовался в качестве праздничного кубка, однако П.П. Брока решил, что сглаженная поверхность появилась в результате длительного периода заживления, а сама трепанация была выполнена у человека молодого возраста в определенном религиозном контексте. Надо сказать, что ученый сумел не только оценить обнаруженные черепа. Во время своих поездок с П.Б. Прюнье на археологические раскопки он изучал керамику

и кремневые орудия, что позволило ему определить (хотя и весьма приблизительно) культурный период, в котором жили их владельцы: неолит — эпоха, связанная с каменными орудиями, земледелием, одомашниванием крупного рогатого скота.

П.П. Брока проанализировал большое количество черепов и прочитал множество лекций. Он стремился, во-первых, убедить научное общество, что отверстия в черепах не вызваны боевыми травмами, инфекционными процессами, опухолями и пр., а во-вторых, объединить все имеющиеся факты в одну теорию, которая могла бы внятно объяснить причины выполнения трепанации в эпоху неолита. Как выразился сам П.П. Брока, «...трепанации выполнены терпеливой рукой методичного оператора, а не яростного врага...».

Разумеется, можно поставить под сомнение заключение П.П. Брока и его коллег, которые не располагали ни одним достоверным методом исследований, кроме визуального осмотра и обычного микроскопа. Однако подобные выводы были сделаны и современными исследователями с использованием компьютерной и магнитно-резонансной томографий, а также плазменной масс-спектропии и рентгенофлуоресценции, индуцированной синхронным излучением.

Многочисленные археологические находки, а также статьи и выступления П.П. Брока способствовали неуклонному росту интереса ученых к древним трепанациям. Начался поиск новых образцов, и уже в 1877 г. П.П. Брока составил классификацию древних операций на своде черепа. Он также описал различия между

трепанацией, выполненной живому человеку («хирургической трепанацией»), и трепанацией, выполненной уже после смерти («посмертной трепанацией»). Кстати, в некоторых случаях один и тот же образец демонстрировал признаки отверстий обоих типов. П.П. Брока настолько заинтересовался этим вопросом, что посвятил ему гораздо больше работ, чем открытому им речевому центру в коре мозга, — последние можно пересчитать на пальцах одной руки. Обнаружение французскими исследователями древних черепов помогло убедить многих современников П.П. Брока в том, что в эпоху неолита люди умели проводить трепанацию таким образом, что человек нередко оставался жив, но оставались нерешенными вопросы техники и мотивации этой операции — как и почему они выполнялись.

П.П. Брока, пытаясь понять, как выполнялась краниотомия древними хирургами, много экспериментировал с трепанационными методиками, используя разнообразные примитивные инструменты. К примеру, он обнаружил, что в черепе умершего двухлетнего ребенка, работая простыми скребками из стекла и кремния, можно сделать отверстие в течение менее 4 мин (на черепе взрослого человека эта же процедура заняла у него 50 мин — считая время, потраченное на перерывы, чтобы дать отдых уставшей руке). Кстати, данное наблюдение сначала привело П.П. Брока к ошибочному предположению, что инки выполняли трепанацию преимущественно у молодых людей. В настоящее время установлено, что применяемый ученым метод выскабливания был лишь одним из нескольких различных примитивных подходов к трепанации. Другие включали выполнение пересекающихся разрезов в черепе, а затем удаление прямоугольной части кости (подобная техника использовалась для формирования дефекта в «черепе Сквайра»), или выполнение кругового разреза с последующим подъемом и удалением полученного костного диска. Помимо этого, П.П. Брока трепанировал живых собак и продемонстрировал, что легко можно избежать повреждения твердой мозговой оболочки и, соответственно, смертельно опасных инфекционных осложнений.

Вместе с тем П.П. Брока интересовал еще один невыясненный вопрос — каковы причины трепанации? Он много думал и писал на эту тему и пришел, наконец, к выводу (скорее, к гипотезе), что в основе данной практики лежат древние суеверия. Справедливо полагая, что люди каменного века не понимали физиологических основ психических заболеваний или эпилепсии и считали таких больных одержимыми злыми силами (впрочем, данной точки зрения придерживались вплоть до эпохи позднего Возрождения), П.П. Брока высказал мнение о лечебной роли трепанации при данных расстройствах — создание отверстия в черепе, через которое могли бы выйти демоны.

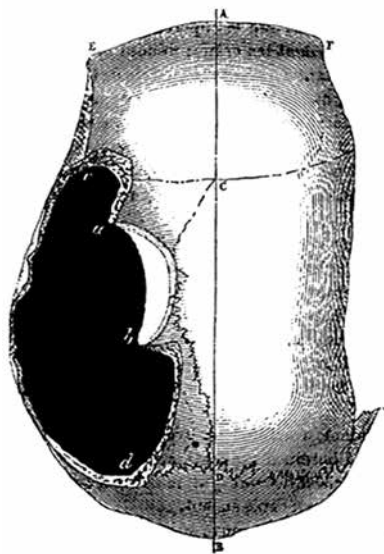


Рис. 3 | Fig. 3

Трепанованный череп эпохи неолита, найденный П.Б. Прюньером. П.П. Брока пришел к выводу, что этот череп был подвергнут трепанации как до, так и после смерти человека [Broca P, 1876]  
Trepanated skull from the neolithic period found by P.B. Prunieres. P.P. Broca concluded that this skull was trepanned both pre- and post-mortem [Broca P, 1876]

К этому выводу ученого подтолкнули сведения о том, что трепанации, проводимые в первобытных племенах Африки и некоторых островов Тихого океана, имеют ритуальные цели, а именно — изгнание демонов из головы больного человека. Сыграло роль и отсутствие вблизи обнаруженных на черепах отверстий каких-либо следов травматических переломов и почти равное соотношение мужских и женских черепов, свидетельствующее против того, что повреждения вызваны боевой травмой. Еще одним аргументом являлось отсутствие (или небольшое число) повреждений костей лицевого скелета, поскольку можно было ожидать, что во время боя, когда противники встречаются лицом к лицу, они должны наблюдаться чаще.

П.П. Брока предположил и привел, надо сказать, любопытные аргументы в пользу того, что трепанации в древности проводились главным образом маленьким детям. С одной стороны, они чаще страдают «доброкачественными» припадками, что является определенным показанием к трепанации, освобождающей злых духов, а с другой стороны, лечение имеет хорошие результаты, поскольку ювенильные судороги прошли бы и сами. Кроме того, трепанацию в детском возрасте выполнить проще, а раны заживают гораздо лучше.

В своих предположениях П.П. Брока во многом ссылался на посвященный эпилепсии трактат врача из Арля Жана Таксилья «Traicte' de l'e'pilepsie, maladie vulgairement appele'e au pays de Provence la gouttete aux petits enfants», написанный в 1602 г. В своем произведении А.Ж. Таксиль сообщил, что возникновение эпилепсии обусловлено одержимостью демонами («...нет одержимого, который бы не был эпилептиком...») и что хороший эффект оказывало выскабливание отверстия в черепе до твердой мозговой оболочки. Упомянул он и о том, что участки костей свода черепа носили в качестве защитных амулетов от самых различных заболеваний. Справедливости ради отметим осторожность высказывания П.П. Брока, указавшего, что А.Ж. Таксиль ошибочно называл судороги детского возраста эпилепсией. Между прочим, предположение П.П. Брока о том, что трепанации проводились исключительно в детском возрасте, являлось самым слабым звеном его теории, поскольку детских черепов в археологических находках практически не было. Тем не менее его поддержали многие исследователи, среди которых был Уильям Ослер — выдающийся врач и ученый той поры.

Однако многие ученые, например друг и коллега П.П. Брока П.Б. Прюнье, утверждали, что трепанация имеет более практическое обоснование, а именно — попытки излечить вдавленные переломы черепа и оболочечные гематомы. По всей видимости, эти операции были довольно эффективны, что доказывают не только признаки заживления кости, обнаруженные во многих

черепах, но и «жизнеустойчивость» метода — в противном случае он не дошел бы до нас через тысячелетия. Таким образом, сформировались 2 взгляда на причины выполнения древних трепанаций — мистицизм и доисторические попытки рациональной хирургии. При этом нельзя исключить, что в разных географических областях и в различных цивилизационных обществах преобладала одна из указанных причин — где-то трепанацией изгоняли злых духов, а где-то пытались лечить черепно-мозговые травмы и душевные заболевания. В принципе это подтвердили исследования жизни и быта ряда африканских племен, проведенные в XX в.

До настоящего времени остается неясным, использовались ли в древние времена при проведении хирургических операций какая-либо анестезия. Существует предположение, что в качестве обезболивающих средств могли применяться алкоголь или опиум, а перуанцы вполне могли использовать коку как местное обезболивающее. Однако весьма возможно, что операции проводились вообще без анестезии, вероятность чего продемонстрировали исследования современных первобытных культур в Африке и Океании.

Кстати, Э.Д. Сквайр не разделял мнение П.П. Брока о причинах трепанаций, считая, что ими были боевые черепно-мозговые травмы, о чем он написал в своей книге о Перу. Его поддержал известный врач (хотя и ярый расист) Джосайя Кларк Нотт, объяснивший в своих работах, что подобные отверстия в черепе вполне могли быть нанесены острым колющим оружием (например, перуанским копьем или стрелой) и привести к образованию оболочечных гематом. В 1920-х годах Рэймонд Мууди написал, что трепанированные черепа чаще обнаруживались вблизи крепостей и в зонах военных действий в высокогорьях Перу, а преобладание черепов мужчин зрелого возраста с отверстиями в лобной и теменной областях (чаще слева) также наводило на мысль о том, что трепанации выполнялись для лечения боевых травм, нанесенных правшами. Опять же, многие перуанские черепа с трепанациями (более 25 %) имели отчетливые признаки травматических повреждений. Аналогичного мнения придерживается и известный антрополог Джон Верано. При изучении некоторых черепов становилось ясно, что трепанация начата в месте вдавленного перелома, но так и не была завершена, возможно, в связи с гибелью пациента во время операции (рис. 4). Однако черепа с множественными трепанациями указывают на использование альтернативных вариантов их проведения — в частности, попытки лечения повторяющихся судорожных припадков или головных болей, чему есть современные этнографические примеры, например, среди кенийского племени киссиев.

Справедливости ради отметим, что и сам П.П. Брока к концу жизни пришел к выводу, что по крайней

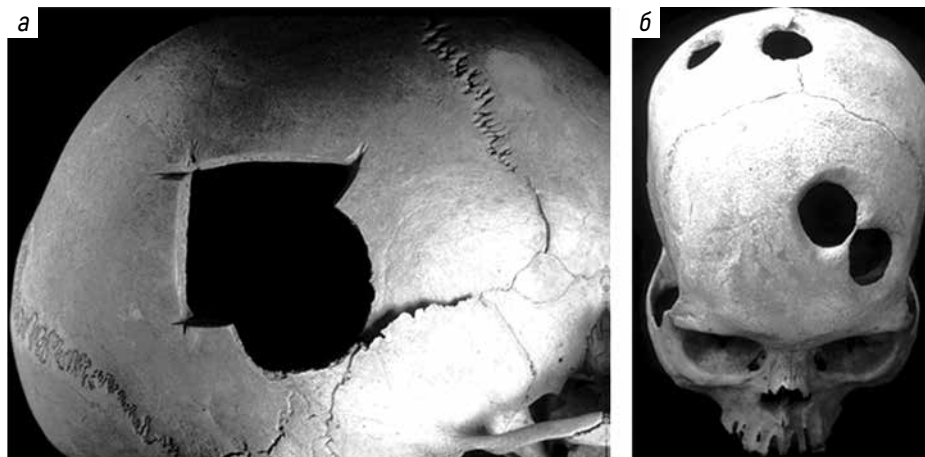


Рис. 4 | Fig. 4

Трепанация, сделанная на краю перелома черепа, вероятно, являвшегося результатом ранения выпущенным из пращи камнем (Синко Серрос, центральное нагорье Перу, XIV в.) (а). Череп инков с 5 зажившими трепанациями (4 трепанации видны на фотографии) аналогичных размера и формы (территория Паталлакты, недалеко от Куско, Перу, XV в.) (б) (Verano J.W., 2010)

Trephination performed at the edge of skull fracture caused, possibly, by an impact of a stone thrown from a sling (Cinco Cerros, Central Highlands of Peru, 14<sup>th</sup> century) (a). Inca skull with 5 healed trephinations (4 trephinations are visible on the photo) of similar size and shape (Patallacata territory near Cusco, Peru, 15<sup>th</sup> century) (б) (Verano J.W., 2010)

мере в некоторых случаях трепанация должна была играть и лечебную роль. Вместе П.Б. Прюнье и П.П. Брока заложили основы целого научного направления, которое в то время носило название «доисторические трепанации». Благодаря им уже многочисленные эпигоны приняли эстафету исследований трепанированных черепов, обнаруженных на территории Европы, хотя, конечно, сдвиг парадигмы в их оценке произошел не сразу, но все же произошел — от скептицизма до восхищения мастерством и смелостью древних знахарей. И уже в 1894 г. французский антрополог Жан-Франсуа дю Пуже рассматривал трепанацию найденного близ г. Дьеппа (Франция) черепа как «хирургическое вмешательство, выполненное так искусно, как будто его произвел один из самых известных хирургов». Здесь вполне уместно было бы вспомнить, что нечто подобное произошло с настенными рисунками в пещерах Альтамира в Испании, обнаруженными в 1880 г., — более 20 лет их считали подделками из-за их исключительно высокого качества, недоступного, как полагали, людям палеолита.

В дальнейшем черепа с трепанациями, датируемые периодом с конца палеолита до нашего столетия, были обнаружены во всех частях света. И большинство исследователей в качестве основного мотива операции указывали черепно-мозговую травму. По разным данным, выживаемость людей после трепанации черепа варьирует от 50 до 90 %, причем большинство авторов придерживаются более высоких показателей. Предполагается, что во времена неолита выживаемость достигала 50–60 %, а к середине II тыс. у больных, которых лечили перуанские лекари, она, похоже, составляла не менее 80 %. И этому легко поверить,

поскольку после трепанаций, выполняемых ныне в некоторых первобытных племенах Африки, остаются в живых более 90 % пациентов.

Гораздо больше данных о древних трепанациях дало изучение перуанских черепов. Одним из первых и авторитетнейших ученых в данном вопросе был Рэймонд Мууди, исследовавший огромное количество образцов, найденных в районе Синко Серрос (Мексика), где предположительно находилась древняя крепость инков. Обнаружив на большинстве найденных здесь трепанированных мужских черепов следы вдавленных переломов (преимущественно в левых лобной и теменной областях), он также предположил, что трепанация являлась одним из способов лечения травматических повреждений, которые могли быть нанесены камнями или дубинками.

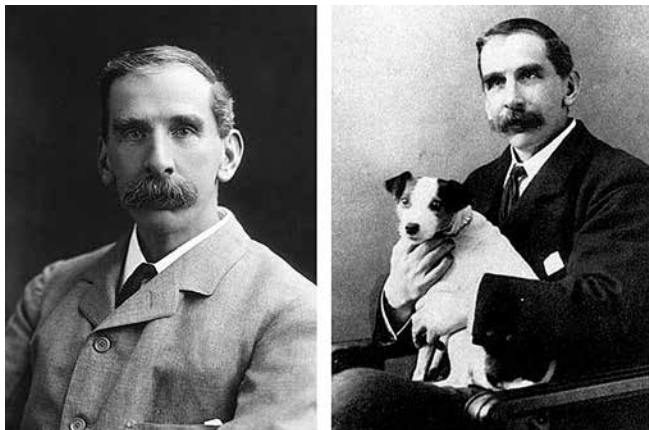
Таким образом, вопрос о причинах трепанаций в древности все еще является определенным яблоком раздора для различных групп антропологов и нейрохирургов.

#### В. А. ХОРСЛИ И ЕГО ВКЛАД В НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКУЮ ПАЛЕОПАТОЛОГИЮ

*Ключом ко всякой науке является вопросительный знак.*

*О. де Бальзак*

Одним из основоположников нейрохирургии был и Виктор Александр Хорсли. Наряду с Людвигом Пуссепом, он был одним из первых профессиональных нейрохирургов, выполнившим первые операции по удалению спинальной опухоли и посттравматического эпилептического очага. Возможно, кого-то удивит,



Виктор Александр Хорсли (Horsley) (1857–1916) – выдающийся британский хирург, ученый-нейрофизиолог, один из основоположников нейрохирургии  
Victor Alexander Horsley (1857–1916), British surgeon, neurophysiologist, one of the founders of neurosurgery

но В.А. Хорсли внес определенный вклад в становление нейрохирургической палеопатологии, о чем ныне, к сожалению, известно немногим. Ну что ж, настало время вспомнить.

О Хорсли можно писать очень долго. Он родился в 1857 г. в Лондоне в семье известного художника, члена королевской академии. Имя свое, между прочим, В.А. Хорсли получил в честь королевы Виктории, которая стала его крестной матерью. Он учился в школе Кренбука в г. Кенте, после окончания которой изучал медицину в университетском колледже в Лондоне. С 1884 по 1890 г. работал в Брауновском институте, а с 1886 г. являлся профессором хирургии в Национальном госпитале эпилептиков и паралитиков (ныне – Национальный госпиталь неврологии и нейрохирургии) (г. Лондон). В 1887–1896 гг. В.А. Хорсли был профессором патологии, в 1899–1902 гг. – профессором клинической медицины в университетском колледже в Лондоне. В 1886 г. он был принят в Лондонское королевское общество, а в 1902 г. возведен в рыцарское звание. Во время Первой мировой войны В.А. Хорсли был направлен в чине полковника медицинской службы британской армии в Египет и участвовал в неудачной Дарданелльской операции. Затем был командирован в Месопотамию, где в возрасте 59 лет скоропостижно скончался в Амаре (современный Ирак) от лихорадки.

Вклад В.А. Хорсли в развитие нейрохирургии велик и неоспорим. О его первом в мире успешном удалении опухоли спинного мозга в 1887 г. У. Ослер писал как о самой блистательной операции во всей истории хирургии. Операция была проведена 42-летнему капитану Джилби, который в течение ряда лет жаловался на боль в спине, слабость и онемение конечностей. Врачи приписывали его страдания межреберной невралгии, аневризме и неврозу. Когда ноги у капитана

Джилби совсем онемели и стали парализованными, благодаря знакомым он получил консультацию доктора У. Говерса, который поставил диагноз «опухоль спинного мозга» и рекомендовал операцию. Во время хирургического вмешательства В.А. Хорсли сначала не обнаружил опухоль, однако дополнительная ламинотомия (по совету присутствовавшего на операции У. Говерса) позволила найти и успешно удалить миндалевидное новообразование – по всей видимости, менингиому или невриному. Пациент полностью выздоровел и прожил еще 30 лет.

В.А. Хорсли разработал и в 1890 г. применил хирургический доступ к гассеровому узлу при лечении тригеминальной невралгии. Однако в связи с тем, что операция оказалась неудачной (больная умерла через 7 ч после операции), в дальнейшем он долго не решался его применять, зато разработал методику пересечения корешка тройничного нерва. Приехавший в Великобританию в 1900 г. Харви Уильямс Кушинг так описывает операцию по удалению гассерова узла В.А. Хорсли: «Хорсли поднялся наверх и за 5 минут ввел большую в эфирный наркоз. Операция продлилась 15 минут: сделав громадную дыру в черепе женщины, приподняв височную долю – кровь везде – затолкав много марли в среднюю черепную ямку, он вырезал узел и на этом закончил операцию. На улицу он вышел не более чем через час, как зашел в дом». Кажется, на этом обучение Х.У. Кушинга у В.А. Хорсли и закончилось.

В.А. Хорсли были разработаны и применены (и используются поныне) многие технические хирургические приемы и манипуляции. В частности, он предложил использовать пчелиный воск для остановки кровотечения из кости, хотя есть сведения, что данный способ применялся русским врачом Х.Х. Саломоном еще в 1840 г. Он ввел в нейрохирургическую практику обязательное зашивание раны – многие его коллеги по примеру хирургов XVIII в. не считали это необходимым (впрочем, швы он накладывал редкие, а раневую ликворею считал даже не осложнением, а признаком благоприятного течения раневого процесса). В 1908 г. В.А. Хорсли предложил (совместно с Робертом Кларком) аппарат для проведения стереотаксических нейрохирургических вмешательств (так называемый аппарат Хорсли–Кларка). Он позволил четко локализовать местоположение глубинных структур головного мозга, однако не нашел широкого применения в те годы. В.А. Хорсли был и одним из первых хирургов, приступивших к исследованию функций головного мозга (преимущественно коры больших полушарий) на животных и людях. Он раздражал различные отделы коры головного мозга и внутренней капсулы и высказал предположение об их функциональном значении. Эти исследования в дальнейшем послужили основой для проведения хирургического лечения эпилепсии и были обобщены в монографии

«Исследование функций коры головного мозга» (1888). В 1885 г. В.А. Хорсли впервые в мире (раньше Ф. Краузе, О. Ферстера и У.Г. Пенфилда) провел интраоперационную электростимуляцию коры мозга для определения эпилептогенного очага. В 1886 г. он провел первую успешную экспериментальную гипофизэктомия. В те же годы он разработал транскраниальный подход для удаления опухолей гипофиза, который по его совету использовал Франк Томас Поль. В.А. Хорсли лично выполнил несколько успешных операций по поводу опухолей гипофиза. Он же разработал методику декомпрессивной трепанации при неоперабельных церебральных опухолях. При сифилитическом поражении центральной нервной системы (что не было редкостью в те годы) В.А. Хорсли предложил оригинальный метод лечения — орошение субдурального пространства раствором ртути.

Считается, что именно В.А. Хорсли был первым профессиональным нейрохирургом, однако он внес определенный вклад и в другие медицинские направления. В частности, В.А. Хорсли был пионером изучения функции щитовидной железы: занимался лечением микседемы и кретинизма, показал, что тиреоидэктомия вызывает микседему, предложил использовать при недостаточном уровне тиреоидного гормона экстракт щитовидной железы обезьян. Также он основал «Журнал патологии» (“Journal of Pathology”).

В 1896 г. В.А. Хорсли был назначен председателем британской государственной комиссии по изучению вакцины против бешенства, разработанной Луи Пастером. Оценив результаты ее применения, он развернул широкую кампанию по внедрению антирабической вакцины в Великобритании. Любопытно, что В.А. Хорсли отличался яркой непримиримостью к алкоголю. Он даже стал вице-президентом Национального общества трезвости и председателем Британского медицинского общества трезвости. В 1907 г. В.А. Хорсли опубликовал книгу «Алкоголь и человеческий организм». После его смерти поговаривали, что тяжелое течение лихорадки, приведшей его к смерти, было вызвано неприятием В.А. Хорсли алкоголя (в частности, джина), который, как известно, использовался британскими военными в качестве профилактического и лечебного средства от инфекционных заболеваний в южных странах. Еще по одной версии, он отказался носить пробковый шлем и скончался от солнечного удара.

Именно В.А. Хорсли, переняв идеи П.Б. Прюнье, Э.Д. Сквайра, Д.К. Нотта и других ученых в отношении выполнения трепанаций черепа для лечения травматических повреждений, поднял их после тщательного изучения неолитических находок на новый научный уровень. В отличие от П.П. Брока, интерес которого в отношении древних трепанаций все же в большей степени был обусловлен антропологией, В.А. Хорсли увлекся данной проблемой как искусный

нейрохирург и опытный экспериментатор, первым в мире начавший оперировать (при активной поддержке Д. Джексона, Д. Феррье и др.). И первые случаи эпилепсии были как раз следствием черепно-мозговой травмы. Естественное желание продвигать разработанную успешную методику хирургического лечения травматической эпилепсии было одной из причин его интереса к трепанациям в древности. Разумеется, В.А. Хорсли никогда не брал в руки лопату, чтобы раскапывать древние могилы и разыскивать трепанированные черепа. Но он любил историю и увлекался археологией. В начале 1880-х годов (уже после смерти П.П. Брока) В.А. Хорсли отправился во Францию, чтобы ознакомиться с его коллекцией найденных во Франции черепов — числом около 60. Многие из них сохранились до нашего времени, и их можно увидеть в парижском Музее человека, хотя некоторые, подаренные членам Парижского общества антропологии, были утеряны.

В.А. Хорсли не только тщательно ознакомился с коллекцией трепанированных черепов П.П. Брока, но и сделал множество фотографий (как и археология, фотография также входила в число его увлечений). Основываясь на своем собственном хирургическом, а также экспериментальном опыте по лечению эпилепсии, он поддержал точку зрения П.Б. Прюнье в отношении того, что трепанации в древности могли выполняться для лечения посттравматической эпилепсии. В.А. Хорсли исходил из того, что отверстия в черепе времен неолита расположены не случайным образом — древние хирурги проводили трепанации над двигательными зонами коры головного мозга или вблизи них. После того как он составил схему расположения отверстий на черепах, его предположение превратилось в утверждение. А поскольку В.А. Хорсли недавно показал медицинскому миру высокую вероятность повреждения данной области в случаях моторной (джексоновской) эпилепсии, а также возможность устранения припадков (в первую очередь обусловленных вдавленными переломами) хирургическим путем, то, конечно же, он стал горячим сторонником Э.Д. Сквайра, П.Б. Прюнье и их последователей относительно причины древних трепанаций. «Операция приобрела бы определенную репутацию для лечения конвульсий в целом, и, как таковая, могла бы часто практиковаться среди дикарей...», — писал В.А. Хорсли. Эффективность подобных трепанаций обеспечила их широкое распространение. Как и П.П. Брока, В.А. Хорсли полагал, что удаленные участки костей (рондели) использовались в качестве амулетов от злых духов.

У себя на родине Виктор Хорсли доложил о своих наблюдениях членам Лондонского королевского общества (в Великобритании оно выполняет функции Академии наук) и в Королевском антропологическом институте Великобритании и Ирландии. В «Британском

медицинском журнале» появилась его статья «Трепанация в доисторические времена». Однако профессиональные антропологи встретили теорию В.А. Хорсли со значительным скептицизмом. Председатель Королевского антропологического института Великобритании сэр Френсис Гальтон заявил, что она подразумевает больший интеллект, чем обычно демонстрируют дикари, добавив, что ему неизвестны каких-либо свидетельства путешественников в Африку, Новую Зеландию и другие страны, населенные первобытными племенами, в которых «дикари» практиковали бы трепанации для лечения эпилепсии травматического происхождения. Надо сказать, отличавшийся вспыльчивым характером В.А. Хорсли воспринял критику вполне спокойно — возможно, потому, что и сам осознавал определенную уязвимость своих предположений. Да и с течением времени выяснилось, что чаще всего отверстия на черепах располагались все же

не над двигательной корой, а над теменными долями, поэтому постепенно его теория начала терять своих сторонников. Но ошибке В.А. Хорсли есть объяснение — когда в 1886 г. ученый представлял свой взгляд на причины древних трепанаций, то считал, что двигательная зона коры мозга весьма обширна и распространяется от лобной до теменной доли. Зато в дальнейшем он первым из исследователей пришел к выводу, что она значительно меньше и располагается главным образом в прецентральной извилине коры.

Таким образом, вклад В.А. Хорсли в нейрохирургическую палеопатологию весьма существенен, и можно только удивляться, что Стивен Пейджет (Paget) — первый биограф ученого — посвятил этой части его научной деятельности всего несколько абзацев, а Джек Лайонс (Lyons) — автор более поздней книги о нем — вообще не считал необходимым даже упомянуть об этом.

## Литература | References

- Ackerknecht E.H. Contradictions in primitive surgery. *Bull Hist Med* 1946;20(2):184–7.
- Broca P. Cas singulier de trepanation chez les Incas. *Société d'Anthropologie de Paris* 1867;2:403–8.
- Broca P. Diagnostic d'un abcès situé au niveau de la région du langage; trépanation de cet abcès. *Rev Anthropol* 1876;5:244–8.
- Broca P. Trepanation chez les Incas. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine (Paris)* 1867;32:866–72.
- Broca P. Sur la trépanation du crâne et les amulettes crâniennes néolithiques. *Rev Anthropologique* 1876;5:101–96.
- Broca P. A single case of trepanation in the Incas. *Bull Soc Anthropol* 1867;2:403–8.
- Broca P. On the prehistoric trepanations. *Bull Soc Anthropol* 1876;11:236–51.
- Broca P. Sur le siège de la faculté du langage articulé. *Bull Soc Anthropol* 1865;6:337–93.
- Broca P. Sur les trépanations pré-historiques. *Bull Soc Anthropol* 1874;9(2<sup>nd</sup> ser.):542–57.
- Broca P. Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé; suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bull Soc Anat (Paris)* 1861;6:398–407.
- Broca P. Discussion. *Bull Soc Anthropol* 1874;9(2<sup>nd</sup> ser.):189–205.
- Horrax G. *Neurosurgery. An historical sketch*. Springfield IL: C.C. Thomas, 1952.
- Gross C.G. A hole in the head. *Neuroscientist* 1999;5:263–9.
- Jackson J.H. On the anatomical, physiological, and pathological investigation of the epilepsies. *West Riding Lunatic Asylum Med Rep* 1873;3:315–9.
- Lisowski F.P. Prehistoric and early historic trepanation. In: *Diseases in antiquity*. Ed. by D.R. Berthwell, A.T. Sandison. Springfield IL: C.C. Thomas, 1967. Pp. 651–672.
- Lyons J.B. *The citizen surgeon: a biography of sir Victor Horsley*. London: Peter Dawnay, 1956.
- Horsley V. Brain surgery. *Br Med J* 1886;2:670–75.
- Horsley V. Brain surgery in the Stone Age. *Br Med J* 1887;1:58–7.
- Horsley V. Trephining in the Neolithic period. *J Anthropol Inst G Brit Ire* 1888;17:100–6.
- Horsley V. The function of the so-called motor area of the brain. *Br Med J* 1909;2:125–32.
- Horsley V. Trephining in pre-historic times: presented at the Harveian Society of London, January 5, 1888. *Br Med J* 1888;1:137.
- Trepanation: history, discovery, theory. Ed. by R. Arnott, S. Finger, C. Smith. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2003.
- Bakay L. *An early history of craniotomy*. Springfield IL: C.C. Thomas, 1985. Pp. 26–41.
- Castiglioni A. *A history of medicine*. New York: Alfred A. Knopf, 1947. P. 27.
- Chipault A. *Chirurgie opératoire du Système Nerveux*. Paris: Rueff et Cie, 1894.
- Clower W.T., Finger S. Discovery trepanation: the contribution of Paul Broca. *Neurosurgery* 2001;49:1417–25. DOI: 10.1097/00006123-200112000-00021
- Fernando H.R., Finger S. Ephraim George Squier's Peruvian skull and the discovery of cranial trepanation. In: *Trepanation: history, discovery, theory*. Ed. by R. Arnott, S. Finger, C. Smith. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2003. Pp. 3–18.
- Finger S., Clower W.T. Victor Horsley on “trephining in pre-historic times”. *Neurosurgery* 2001;48(4):911–7. DOI: 10.1097/00006123-200104000-0004
- Finger S., Fernando H.R. E. George Squier and the discovery of cranial trepanation: a landmark in the history of surgery and ancient medicine. *J Hist Med Allied Sci* 2001;56(4):353–81. DOI: 10.1093/jhmas/56.4.353
- Finger S., Clower W.T. On the birth of trepanation. The thoughts of Paul Broca and Victor Horsley. In: *Trepanation: history, discovery, theory*. Ed. by R. Arnott, S. Finger, C. Smith. Lisse: Swets & Zeitlinger, 2003. Pp. 19–42.
- Gallez L. *La trépanation du crane*. Paris: Georges Carré, 1893.
- Hrdlicka A. *Anthropological work in Peru, in 1913, with notes on the pathology of the ancient peruvians, with twenty-six plates*. Smithsonian Institution, Washington, 1914.
- Jrgensen J.B. Trepanation as a therapeutic measure in ancient (pre-Inka) Peru. *Acta Neurochir (Wien)* 1988;93(1–2):3–5. DOI: 10.1007/BF01409893

34. MacCurdy G.G. Human skeletal remains from the highlands of Peru. *Am J Phys Anthropol* 1923;6:217–329.
35. Martin G. Craniotomy: the first case histories. *J Clin Neurosci* 1999;6(4):361–3. DOI: 10.1054/jocn.1998.0074
36. Muniz M.A., McGee W.J. Primitive trephining in Peru. Sixteenth annual report of the Bureau of American Ethnology. Washington, DC, 1897.
37. Oakley K.P., Brooke W.M., Akester A.R., Brothwell D. Contributions on trepanning or trephination in ancient and modern times. Man, 1959. Pp. 93–96.
38. Osler W. The evolution of modern medicine: a series of lectures delivered at Yale university on the silliman foundation in April, 1913. New Haven, CT: Yale University Press, 1923.
39. Paget S. Sir Victor Horsley: a study of his life and his work. London: Constable and Co., 1919.
40. Prunières P.B. Sur les crânes perforés et les rondelles crâniennes de l'époque néolithiques. *Comp Rend Assoc Fran Avan Sci* 1874;3:597–635.
41. Prunieres P.B. Sur les cranes artificiellement perforés à l'époque des dolmens. *Bull Soc Anthropol* 1874;9(2<sup>nd</sup> ser.):185–205.
42. Schiller F. Paul Broca: founder of french anthropology, explorer of the brain. Oxford University Press, Oxford, 1992.
43. Taxil J. Traicté de l'épilepsie, maladie vulgairement appelée au pays de Provence la gouttete aux petits enfants. Lyon: Robert Renaud, 1602.
44. Terrier F., Péraire M. L'opération du trépan. Paris: Félix Alcan, 1895.
45. Popam R.E. Trepanation as a rational procedure in primitive surgery. *Univ Toronto Med J* 1954;31:204–11.
46. Pioreschi P. A history of medicine. Vol. 1. Primitive and ancient medicine. 2<sup>nd</sup> ed. Omaha: Horatius Press, 1996. Pp. 21–33.
47. Squier E.G. Peru; incidents of travel and exploration in the land of the Incas. New York: Harper & Brothers, 1877.
48. Stone J.L. Paul Broca and the first craniotomy based on cerebral localization. *J Neurosurg* 1991;75(1):154–9. DOI: 10.3171/jns.1991.75.1.0154
49. Yacovleff E., Muelle J. Una exploración en Cerro Colorado. *Rev Mus Nac (Lima)* 1932;1:30–59.
50. Wakefield E.G., Dellinger S.C. Possible reasons for trephining the skull in the past. *Ciba Symposia* 1939;1:166–9.

#### Вклад авторов | Authors' contributions

А.Ю. Улитин: анализ и обобщение данных литературы, написание текста статьи, редактирование;

В.В. Раменский, Н.Е. Воинов: сбор данных, подготовка иллюстративного материала;

Г.А. Улитин: сбор данных, написание текста статьи.

A.Yu. Ulitin: analysis and generalization of literature data, article writing, editing;

V.V. Ramensky, N.E. Voinov: data collection, preparation of illustrative material;

G.A. Ulitin: data collection, article writing.

#### ORCID авторов | ORCID of authors

А.Ю. Улитин / A.Yu. Ulitin: <https://orcid.org/0000-0002-8343-4917>

В.В. Раменский / V.V. Ramensky: <https://orcid.org/0000-0002-6869-5078>

Н.Е. Воинов / N.E. Voinov: <https://orcid.org/0000-0001-6608-935X>

Г.А. Улитин / G.A. Ulitin: <https://orcid.org/0000-0002-6869-5078>

#### Конфликт интересов | Conflict of interest

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

#### Финансирование | Funding

Работа выполнена без спонсорской поддержки.

The work was performed without external funding.

Статья поступила | Article submitted: 16.07.2023.

Рецензия | Peer reviewed: 21.09.2023.

Принята к публикации | Accepted for publication: 02.04.2026.

Опубликована онлайн | Published online: 11.06.2026.